Méthodes pour l'évaluation sensorielle des aliments

B.M. Watts, O.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elias

91-06225/

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en développement ; il concentre son activité dans six secteurs : agriculture, alimentation et nutrition ; information ; santé ; sciences sociales ; sciences de la terre et du génie ; communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

This publication is also available in English.
La edición española de esta publicación también se encuentra disponible.

IDRC-277f

MÉTHODES DE BASE

POUR L'ÉVALUATION SENSORIELLE DES ALIMENTS

B.M. Watts
G.L. Ylimaki
L.E. Jeffery
Département de l'alimentation et de la nutrition,
Faculté d'écologie humaine, Université du Manitoba,
Winnipeg, Manitoba,
Canada

L.G. Elias
Institut de nutrition
de l'Amérique centrale
et de Panama,
Guatemala,
Guatemala,
Amérique centrale

Préparé avec l'aide du
Centre de recherches pour le développement international,
Ottawa, Canada

Titre original de l'ouvrage : *Basic sensory methods for food evaluation*

© International Development Research Centre 1989

© Centre de recherches pour le développement international 1991
Adresse postale : CP 8500, Ottawa, Ontario, Canada K1G 3H9

Watts, B.M.
Ylimaki, G.L.
Jeffery, L.E.
Elias, L.G.

IDRC-277f

Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Ottawa, Ont., CRDI, 1991.
x + 145 p. : ill.

/Mise à l'épreuve/, /technologie alimentaire/, /valeur nutritive/, /comportement du consommateur/ — /expérience/, /haricots/, /planification/, /discussion de groupe/, /conditions de travail/, /outils/, /recrutement/, /analyse statistique/, /manuels/.

CDU : 664.001.5:339.4

ISBN : 0-88936-569-5

Traduction : Secrétariat d'État
Révision technique : Lise Proulx-Thérien

Édition microfiche sur demande.

Cette étude a pu être réalisée grâce à une subvention du Centre de recherches pour le développement international. Les opinions émises sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du CRDI, du Département de l'alimentation et de la nutrition de l'Université du Manitoba ou de l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et de Panama. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit; elle ne sert qu'à informer le lecteur.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos ix

Préface 1

Introduction 5

Chapitre 1 L'utilisation de tests axés sur le produit et axés sur le consommateur 7

1.1 Tests axés sur le consommateur 8
1.2 Tests axés sur le produit 9

Chapitre 2 Conception d'installations pour la réalisation d'essais sensoriels 11

2.1 Installations permanentes d'essais sensoriels 11
2.1.1 Secteur de préparation des aliments 12
2.1.2 Secteur consacré à la discussion en panel 13
2.1.3 Isoloir pour les dégustateurs 14
2.1.4 Espace à bureau 18
2.1.5 Fournitures pour les essais sensoriels 18

2.2 Installations temporaires d'essais sensoriels 22
2.2.1 Zone de préparation des aliments 24
2.2.2 Zone réservée au panel 24
2.2.3 Espace de bureau 24
2.2.4 Fournitures pour les essais sensoriels 24

2.3 Conception d'un laboratoire simple d'essais sensoriels . . . 25

Chapitre 3 Mise en place des panels d'analyse sensorielle 28

3.1 Recrutement des dégustateurs 28
3.2 Les directives à donner aux dégustateurs 29
3.3 Sélection de personnes pour les panels de dégustateurs experts 30
3.4 Formation des dégustateurs 31
3.5 Contrôle de la performance des dégustateurs 32
3.6 Motivation des dégustateurs 33

Chapitre 4 Réalisation des essais sensoriels 35

4.1 Échantillonnage des aliments pour les essais sensoriels . . . 35
4.2 Préparation des échantillons pour les essais sensoriels . . . 36
4.3 Présentation des échantillons pour les essais sensoriels . . . 37
4.4 Utilisation des échantillons de référence 39

Chapitre 5 Comment réduire le taux d'erreurs dans les réponses du panel 41

5.1 Erreurs d'anticipation 41
5.2 Erreurs dues à la disposition 42
5.3 Erreurs de stimulus 42
5.4 Erreurs de contraste 43

Chapitre 6 Cueillette et analyse des données sensorielles 45

6.1 Échelles de mesures 45
6.1.1 Échelles nominales 46
6.1.2 Échelles ordinales 46
6.1.3 Échelles d'intervalles 47
6.1.4 Échelles de rapport 49

6.2 L'analyse statistique 49

6.3 Les tests statistiques 52
6.3.1 Tests statistiques pour des données hiérarchiques . . 52

6.4 Établissement d'un plan d'expérience 54
6.4.1 Randomisation 54
6.4.2 Méthode des blocs 55
6.4.3 Répétition 56

Chapitre 7 Tests sensoriels : descriptions et applications 57

7.1 Tests axés sur le consommateur 57
7.1.1 Tests de préférence 58
7.1.2 Tests d'acceptation 61
7.1.3 Tests hédoniques 63

7.2 Tests axés sur le produit 74
7.2.1 Tests de différence 75
7.2.2 Classement par rang pour les tests d'intensité 80
7.2.3 Notation pour les tests d'intensité 83
7.2.4 Tests descriptifs 95

Chapitre 8 Préparation d'une expérience sensorielle 96

Annexes 99

Annexe 1 Test d'identification des saveurs de base 100
Annexe 2 Test d'identification des odeurs de base 102
Annexe 3 Formation et contrôle d'un panel d'essai de la texture des fèves . 105
Annexe 4 Techniques d'évaluation des caractéristiques de texture des fèves cuites 107
Annexe 5 Aliments de référence utilisés pour le panel sur la texture des fèves 108
Annexe 6 Bulletin à échelle linéaire utilisé pour les panels sur la texture des fèves 109
Annexe 7 Tableaux statistiques 110

Bibliographie 127

Glossaire 133

Index 143

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Secteur consacré à la discussion en panel avec des isoloirs à cloisons amovibles construits le long d'un mur 15

Figure 2 Isoloirs à cloisons inamovibles pour chaque dégustateur 16

Figure 3 Contenants jetables pour servir les échantillons 20

Figure 4 Contenants réutilisables pour servir les échantillons 21

Figure 5 Présentation typique d'un plateau d'échantillons à remettre à un dégustateur 23

Figure 6 Plan d'un laboratoire simple d'essais sensoriels situé à l'INCAP, Guatemala 26

Figure 7 Exemples d'échelles sensorielles couramment utilisées 48

Figure 8 Bulletin pour le test de préférence par paires d'échantillons de purée de fève 60

Figure 9 Bulletin pour le test de classement par rang d'acceptabilité de la texture des fèves 62

Figure 10 Bulletin pour le test hédonique sur les variétés de fèves en se servant d'une échelle à neuf niveaux 67

Figure 11 Bulletin du test triangulaire sur le traitement avant entreposage des fèves 77

Figure 12 Bulletin pour le test de classement par rang de la résistance du tégument des fèves 81

Figure 13 Bulletin de réponse pour le test de notation de la dureté des fèves en se servant d'une échelle linéaire. (La longueur de l'échelle linéaire devrait être de 15 cm) 86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Données du test de classement par rang d'acceptation 64

Tableau 2 Résultats par catégorie du test hédonique 68

Tableau 3 Analyse de variance pour le test hédonique 71

Tableau 4 Six ordres possibles pour servir les échantillons dans un test triangulaire 77

Tableau 5 Résultats du test triangulaire 78

Tableau 6 Classement par rang des données du test d'intensité 83

Tableau 7 Présentation des notes du test de dureté 87

Tableau 8 Analyse de variance des notes du Tableau 1 pour le test de dureté 90

Tableau 9 Données de la matrice du total des traitements pour chaque dégustateur 90

Tableau 10 Notation du second tableau d'Analyse de variance pour le test de dureté 92

LISTE DES TABLEAUX STATISTIQUES

Tableau 7.1 de l'annexe
Tableau de nombres aléatoires 111

Tableau 7.2 de l'annexe
Test binômial à deux queues 113

Tableau 7.3 de l'annexe
Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de «tous les traitements» à un seuil de signification de 5 % 114

Tableau 7.4 de l'annexe
Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de «tous les traitements» à un seuil de signification de 1 % 115

Tableau 7.5 de l'annexe
Distribution de F à un seuil de signification de 5 % 116

Tableau 7.6 de l'annexe
Distribution de F à un seuil de signification de 1 % 118

Tableau 7.7 de l'annexe
Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 5 % 120

Tableau 7.8 de l'annexe
Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 1 % 122

Tableau 7.9 de l'annexe
Test binômial à une queue 124

Tableau 7.10 de l'annexe
Points de pourcentage de l'étendue de Student 5 % les plus élevés 125

Tableau 7.11 de l'annexe
Points de pourcentage de l'étendue de Student 1 % les plus élevés 126

AVANT-PROPOS

Ce manuel est un guide technique de base aux méthodes d'évaluation sensorielle des aliments. Ses auteurs le destinent tout particulièrement aux scientifiques des pays en développement qui, contrairement à leurs homologues des pays industrialisés, n'ont souvent accès ni à des installations adéquates ni aux sources d'information.

La décision des auteurs quant au contenu du manuel a été influencée par l'expérience qu'ils ont acquise lorsqu'ils ont mis sur pied l'évaluation sensorielle des aliments à l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et de Panama (INCAP) au Guatemala. Leur travail a été financé, en partie, par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) par la voie d'un projet de recherche sur les haricots. Ce projet visait à étudier les problèmes du durcissement à l'entreposage, de la trop longue préparation et des propriétés nutritives des haricots. Je félicite les auteurs d'avoir produit un guide complet et pratique.

Dans son financement de la recherche sur les aliments et la nutrition le CRDI veut s'assurer que tout produit ou procédé nouveau ou modifié tienne compte des goûts et des dégoûts, comme des préférences des

groupes de consommateurs visés, sans compter leurs critères d'acceptabilité. L'objectif est de renforcer la probabilité d'obtention d'un effet positif, particulièrement pour les producteurs, les entreprises de transformation et les consommateurs défavorisés.

J'espère que ce manuel sera utile à une grande gamme de personnes, autant les chercheurs, les étudiants et les fonctionnaires d'organismes de contrôle gouvernementaux que celles qui travaillent à rendre la production alimentaire plus efficace et plus efficiente. J'espère aussi qu'il sera utilisé dans le contexte de préférences et d'exigences bien définies du consommateur.

Geoffrey Hawtin
Directeur
Division des sciences de l'agriculture,
de l'alimentation et de la nutrition
Centre de recherches pour le développement international

PRÉFACE

Ce manuel a été préparé pour répondre à la nécessité de lignes directrices pour la réalisation de tests sensoriels de produits agricoles de base dans les laboratoires dont le personnel n'a que peu ou pas d'expérience en analyse sensorielle. C'est le résultat d'un projet réalisé en collaboration entre le Département de l'alimentation et de la nutrition de l'Université du Manitoba et l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et de Panama (INCAP). On y trouvera des discussions des principes de l'analyse sensorielle, des descriptions des installations et des procédures pour réaliser cette analyse et des exemples du traitement statistique des données des tests sensoriels. Les exemples proviennent d'études sur les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des fèves noires. Ces études ont été réalisées dans le cadre d'un réseau de travaux de recherche financés par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) pour augmenter la disponibilité, la consommation et la valeur nutritive des fèves, un aliment de base important en Amérique latine. Les principes présentés s'appliquent toutefois à l'évaluation de nombreux autres types d'aliments et les méthodes décrites peuvent servir à mesurer et à comparer les caractéristiques sensorielles à la fois des produits agricoles et des produits transformés.

Cette publication a été conçue afin de présenter des méthodes d'analyse sensorielle. Pour des discussions plus en profondeur sur ces techniques, le lecteur est invité à se reporter aux publications récentes de Meilgaard et al. (1987), Jellinek (1985), Stone et Sidel (1985) et Piggott (1984) et aux publications de l'ASTM STP 758 (1982), STP 682 (1979), STP 434 (1968) et STP 433 (1968) et au travail bien connu sur l'analyse sensorielle de Amerine et al. (1965). On recommande également fortement la lecture de l'ouvrage concis et fort connu *Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire* (Larmond, 1977). Des ouvrages comme ceux de O'Mahony (1986) et Gacula et Singh (1984) ont expliqué en détail les méthodes d'analyse statistique appliquées aux données de l'analyse sensorielle. Quant aux principes et aux méthodes de base des statistiques, on les trouve dans de nombreux ouvrages comme ceux de Snedecor et Cochran (1980) et Steel et Torrie (1980).

L'appui apporté à ce projet par le CRDI d'Ottawa, par l'INCAP du Guatemala, ainsi que par le Département de l'alimentation et de la nutrition de l'Université du Manitoba à Winnipeg a été fort apprécié. Nous devons manifester notre gratitude envers de nombreuses personnes de ces établissements pour les encouragements et l'aide qu'ils nous ont fournis à chaque étape de ce travail. Les auteurs sont tout particulièrement redevables envers le personnel et les étudiants de l'Institut de nutrition et de l'Université du Manitoba qui ont agi comme dégustateurs pendant les expériences en analyses sensorielles qui servent d'exemples dans cet ouvrage. Linda Malcolmson et Marion Vaisey-Genser de l'Université du Manitoba ainsi que Gabriella Mahecha de l'Université nationale de Colombie à Bogotá et Dorien van Herpen du Centre international d'agriculture tropicale de Cali en Colombie nous ont fait des suggestions précieuses lors de la révision de ce document. L'aide du Service d'assistance statistique de l'Université du Manitoba a été fort appréciée aussi. Nous tenons à remercier tout particulièrement Angela Dupuis, Bill Lim, Derrick Coupland et Horst Weiss pour la dactylographie, la conception et l'illustration du manuscrit. Nous remercions aussi nos pairs qui ont relu le manuscrit pour les suggestions utiles qu'ils nous ont faites. Nous avons reçu de l'aide et des encouragements de nombreux autres collègues et amis dont

nous ne pouvons pas citer tous les noms, mais nous nous souvenons de leur apport avec gratitude.

Beverly Watts
Gladys Ylimaki
Lois Jeffery
Luis G. Elias

INTRODUCTION

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits. Aucun instrument ne peut reproduire ou remplacer la réaction humaine, ce qui fait que l'élément «évaluation sensorielle» de toute étude alimentaire est essentiel. L'analyse sensorielle s'applique à toute une gamme de domaines comme le développement et l'amélioration des produits, le contrôle de la qualité, l'entreposage et le développement des processus.

Un panel d'analyse sensorielle doit être considéré comme un instrument scientifique si on veut obtenir des résultats fiables et valides. Les tests faits avec ces panels doivent être réalisés dans des conditions contrôlées, en se servant de plans d'expériences, de méthodes de vérification et d'analyses statistiques bien conçues. C'est la seule façon pour l'analyse sensorielle de fournir des données uniformes et reproductibles.

L'UTILISATION DE TESTS AXÉS SUR LE PRODUIT ET AXÉS SUR LE CONSOMMATEUR

Les impressions sensorielles des consommateurs d'aliments commencent au marché où la vue, l'odorat et le toucher, ainsi que parfois le goût, servent au choix des aliments. Lors de l'achat, de la préparation et de la consommation d'un aliment, son coût, son emballage, son apparence avant et après cuisson et sa facilité de préparation influent sur l'impression d'ensemble qu'il crée chez le consommateur. Toutefois, les facteurs sensoriels sont les principaux déterminants des décisions ultérieures d'achat que fait le consommateur.

Des tests axés sur le consommateur et des panels d'analyse sensorielle amateurs fournissent des renseignements sur les goûts et les préférences des consommateurs, ainsi que sur les caractéristiques nécessaires pour que le produit soit acceptable. Quant aux tests axés sur les produits, ils procurent des renseignements sur les caractéristiques sensorielles particulières à un aliment. La mise au point de nouveaux produits alimentaires ou un changement des méthodes de préparation de produits existants, l'identification des modifications dues aux méthodes de transformation, à l'entreposage ou à l'utilisation de nouveaux ingrédients et le respect des normes de contrôle de qualité

nécessitent tous l'identification et la mesure des propriétés sensorielles. On obtient ces renseignements quantitatifs sur le produit en laboratoire en se servant de panels d'analyse sensorielle experts. Quand on modifie des formules alimentaires ou qu'on en élabore de nouvelles, les tests sur le produit viennent en général avant les tests sur le consommateur.

1.1 TESTS AXÉS SUR LE CONSOMMATEUR

Quand on veut procéder à des tests réels auprès des consommateurs, on choisit un vaste échantillon aléatoire de personnes, représentatives de la population cible de consommateurs éventuels, pour obtenir des renseignements sur leurs attitudes ou leurs préférences. Les personnes retenues pour participer à ces tests de consommation ne sont ni expérimentées ni choisies pour leur acuité sensorielle mais devraient être des consommateurs du produit. Pour ce type de test, on interroge en général de 100 à 500 personnes et les résultats servent à prévoir les attitudes de la population cible. On peut procéder aux entrevues ou aux tests à un endroit central comme un marché, une école, un centre commercial ou un centre communautaire ou chez le consommateur. Comme le vrai test auprès du consommateur exige un panel représentatif de la population cible, il nécessite à la fois beaucoup de temps et d'argent. Les panels de dégustateurs amateurs recrutés sur place servent souvent à fournir les premiers renseignements sur l'acceptabilité du produit et ont souvent lieu avant les tests réels de consommation. Les tests avec de tels panels sont beaucoup plus faciles à réaliser que les tests réels de consommation et permettent de mieux contrôler les variables et les conditions de l'expérience. Ces panels servent toutefois à compléter et non pas à remplacer les tests réels de consommation.

Les panels de dégustateurs amateurs (panels pilotes de consommateurs) sont généralement formés de 30 à 50 personnes sans expérience, choisies au sein du personnel de l'organisation qui élabore le produit ou procède à la recherche. On devrait s'efforcer de choisir un groupe de dégustateurs comparables à la population cible de consommateurs qui utilisent le produit. On a intérêt à constituer un panel aussi nombreux

que possible. Ce type de panel donnera des renseignements sur l'acceptabilité relative du produit et pourra relever ses défauts. On ne doit pas utiliser les résultats ainsi obtenus pour prévoir la performance du produit sur le marché car les personnes composant ce genre de panels risquent de ne pas être représentatives de la population réelle de consommateurs.

1.2 TESTS AXÉS SUR LE PRODUIT

Les tests axés sur le produit font appel à de petits panels de dégustateurs experts qui font office d'instruments d'expérience. Ils servent à identifier les variations entre des produits alimentaires comparables ou à mesurer l'intensité de la saveur (odeur et goût), les caractéristiques de texture ou d'apparence. Ces panels sont en général formés de 5 à 15 dégustateurs qui ont été choisis pour leur acuité sensorielle et ont reçu une formation spéciale pour la tâche à accomplir. On ne devrait pas avoir recours à ces dégustateurs experts pour évaluer l'acceptabilité de l'aliment. Leur formation les rend plus sensibles à de petites différences que le consommateur moyen et ils ont appris à mettre de côté leurs goûts personnels quand ils mesurent les paramètres sensoriels.

CONCEPTION D'INSTALLATIONS POUR LA RÉALISATION D'ESSAIS SENSORIELS

La réalisation d'essais sensoriels ne nécessite pas des installations sophistiquées mais elle impose le respect de certaines exigences de base pour être efficace et donner des résultats fiables. S'il est évident que des installations permanentes, conçues spécialement pour l'analyse sensorielle, offrent un meilleur cadre pour les essais sensoriels, n'importe quel laboratoire peut être adapté à cette fin. Il suffit d'y aménager un secteur pour la préparation des aliments, un secteur pour les discussions en panel, un secteur tranquille équipé d'isoloirs, et un bureau pour l'animateur du panel, sans compter les fournitures pour la préparation des échantillons et pour les servir.

2.1 INSTALLATIONS PERMANENTES D'ESSAIS SENSORIELS

On trouvera, en se reportant aux ouvrages de Jellinek (1985), Larmond (1977), Stone et Sidel (1985) et à la publication de l'ASTM STP 913 (1986), les principes de la conception d'installations permanentes

d'essais sensoriels et des modèles d'aménagement. La conception du laboratoire dépendra du type d'essais à réaliser, de leur quantité ainsi que de l'espace et des ressources disponibles.

Les murs seront peints de couleurs neutres dans l'ensemble du secteur servant aux essais sensoriels. On se servira de matériaux à surface inodore pour les planchers et les plans de travail. Certains bois, certains tapis et certains plastiques émettent des odeurs qui pourraient nuire aux évaluations sensorielles et il ne faut donc pas les utiliser.

2.1.1 Secteur de préparation des aliments

Le secteur de préparation des aliments sera équipé de plans de travail, d'éviers, d'un matériel de cuisson et de réfrigération et d'espace d'entreposage. Ce secteur sera bien éclairé et bien ventilé.

Plans de travail. Il faut disposer d'une surface suffisante pour la préparation des aliments et pour y installer les plateaux d'échantillons avant de les donner aux dégustateurs. Sa hauteur sera d'environ 90 cm (36 po) pour qu'on puisse y travailler confortablement. Normalement, sa profondeur est d'environ 60 cm (24 po).

Éviers. Il faut disposer d'au moins deux éviers alimentés en eau chaude et en eau froide. Il est également utile de disposer d'eau distillée dans un laboratoire d'essais sensoriels. Si l'eau du robinet a une odeur ou un goût, on doit se servir d'eau distillée pour la cuisson et le nettoyage des plats, et en donner aux dégustateurs pour qu'ils se rincent la bouche.

Matériel de cuisson. Il faut disposer de cuisinières à gaz ou électriques ou de plaques de chauffage distinctes et de fours. Les fours à micro-ondes peuvent aussi s'avérer utiles.

Matériel de réfrigération. La présence de matériel de réfrigération est essentielle pour conserver les aliments périssables et peut également servir à refroidir des échantillons ou à les garder à température constante

avant de les servir. Un congélateur distinct peut également être utile pour l'entreposage à long terme d'ingrédients, pour l'entreposage des échantillons de référence et pour permettre que les aliments préparés à des moments différents soient entreposés et évalués en même temps.

Espace d'entreposage. Il faut construire, en dessous des plans de travail et au-dessus des passe-plats vers le secteur réservé aux dégustateurs, des placards ou des étagères fermées pour y ranger les plats et les fournitures. Il est également pratique de disposer d'une simple tablette au-dessus du passe-plats pour y mettre les plateaux préparés lors de la mise en place du panel. On a avantage à disposer de tiroirs directement en dessous du plan de travail pour ranger les serviettes, les crayons, les cuillères en plastique et les fourchettes ainsi que les menus articles de ce genre.

Ventilation. Il faut installer une hotte au-dessus des cuisinières pour réduire les odeurs de cuisson dans le secteur réservé à la préparation des aliments et pour empêcher que celles-ci ne se répandent dans la pièce du panel.

2.1.2 Secteur consacré à la discussion en panel

Il est nécessaire, pour les essais axés sur le produit, de disposer d'une pièce où les dégustateurs peuvent se réunir avec l'animateur pour recevoir des instructions, une formation et discuter. Ce secteur sera complètement distinct de celui de la préparation des aliments afin que le bruit et les odeurs de cuisine ne gênent pas les dégustateurs dans leur travail. Il faut aussi le placer là où il n'y aura pas de risque de dérangement par le personnel d'autres laboratoires. L'idéal est une pièce confortable et bien éclairée avec une grande table et des chaises ou des tabourets pour accueillir au moins 10 personnes. On y installera un grand tableau, noir ou blanc, ou un grand bloc de feuilles mobiles de façon à ce qu'ils soient bien visibles des dégustateurs autour de la table. La présence d'un tableau d'affichage près de l'entrée permet d'afficher les avis et les renseignements sur la performance des dégustateurs. On trouvera une illustration de ce secteur à la Figure 1.

2.1.3 Isoloir pour les dégustateurs

Ce secteur, tout comme celui consacré à la discussion, sera complètement indépendant de celui où l'on prépare les aliments. S'il est préférable de faire du secteur des isoloirs une pièce à part, on peut toutefois l'incorporer à la pièce de discussion en construisant les isoloirs le long d'un mur en laissant ouvert le côté donnant sur l'espace réservé à la discussion, comme on le voit à la Figure 1. Un tel aménagement interdit le déroulement simultané de discussions de groupe et de sessions individuelles de dégustation. Il risque de poser des problèmes si plusieurs tâches d'analyse sensorielle sont en cours à un même moment.

Ces isoloirs permettent aux dégustateurs d'évaluer les échantillons sans être soumis à l'influence de leurs collègues (Fig. 2). Un minimum de 4 isoloirs suffit, mais on en installe généralement de 5 à 10. Chaque isoloir doit avoir un plan de travail, un tabouret ou une chaise, un passe-plats vers le secteur de préparation des aliments, un éclairage individuel et des prises de courant. S'il peut s'avérer utile de les équiper d'éviers pour les crachats, cela peut par contre amener des problèmes d'odeurs et de système sanitaire et n'est donc pas recommandé.

Il y a avantage à ce que le secteur consacré à la tenue du panel soit en partie visible de l'endroit où on prépare les aliments. L'animateur du panel peut alors voir les dégustateurs arriver et diriger à la fois les activités de préparation des aliments et du panel.

Isoloirs. Les isoloirs peuvent être construits avec des cloisons inamovibles ou être simplement formés d'un plan de travail séparé par des cloisons amovibles. Chaque isoloir doit être profond d'environ 60 cm (24 po) et large d'au moins 60 cm (24 po) mais la dimension idéale est de 76 sur 86 cm (30 sur 34 po). Le plan de travail des isoloirs doit avoir la même hauteur que celui servant à la préparation des aliments pour qu'on puisse facilement se servir du passe-plat dans les deux sens. On peut lui donner la hauteur d'un bureau, soit 76 cm (30 po) ou d'un plan de travail, soit 90 cm (36 po). La hauteur d'un plan de travail est, en général, plus pratique et plus utile du côté consacré à la préparation des

Fig.1. Secteur consacré à la discussion en panel avec des isoloirs à cloisons amovibles construits le long d'un mur.

Fig. 2. Isoloirs à cloisons inamovibles pour chaque dégustateur.

aliments. Les partitions qui délimitent les isoloirs doivent avoir au moins 90 cm (36 po) de haut et dépasser d'environ 30 cm (12 po) le bord du plan de travail pour assurer l'intimité des dégustateurs.

Chaises et tabourets. Les chaises doivent être de la bonne hauteur pour que les dégustateurs puissent s'y asseoir confortablement en face d'un plan de travail d'une hauteur de 76 ou de 90 cm (30 ou 36 po). Il doit y avoir assez d'espace entre le bord du plan de travail et le mur arrière pour qu'il soit possible d'avancer et de reculer la chaise et que les dégustateurs puissent s'asseoir et se lever facilement pendant que d'autres procèdent à des évaluations. La distance entre le plan de travail et le mur arrière doit être d'au moins 90 cm (36 po).

Passe-plats. Chaque isoloir doit être équipé d'un passe-plat donnant sur le secteur de préparation des aliments afin que les échantillons et les plateaux puissent être remis directement aux dégustateurs. Le passe-plat doit avoir environ 40 cm (16 po) de large et 30 cm (12 po) de haut et se situer au même niveau que le plan de travail. L'ouverture peut être équipée d'une porte coulissante, à charnières ou relevable. Les portes coulissantes doivent être bien installées car elles peuvent coller et engendrer des problèmes. Les portes équipées de charnières ou à bascule nécessitent beaucoup d'espace dégagé pour bien fonctionner.

Éclairage et prises électriques. Chaque isoloir devrait être équipé d'une source d'éclairage individuel assurant un éclairage uniforme d'un isoloir à l'autre. On peut se servir d'éclairage incandescent ou fluorescent. Les systèmes à lumière incandescente permettent toute une gamme d'éclairages mais sont plus coûteux à installer et à entretenir que ceux à éclairage fluorescent. On peut se procurer des tubes fluorescents en blanc cru ou adouci ou simulant l'éclairage du jour. On recommande les tubes simulant l'éclairage du jour pour les essais d'aliments. Il faut aussi installer des lampes de diverses couleurs, rouge et jaune par exemple, en plus de l'éclairage conventionnel. Elles peuvent servir à masquer les variations de couleur entre les échantillons d'aliments. Des tubes fluorescents équipés de filtres de couleur en plastique amovible sont une façon économique de contrôler la couleur de l'éclairage. Il doit

y avoir une prise électrique dans chaque isoloir afin de pouvoir y brancher les plateaux chauffants.

Ventilation. La salle servant au panel devrait être bien ventilée et maintenue à une température et à un niveau d'humidité confortable. Le système de ventilation ne devrait pas amener les odeurs de cuisine. Si le bâtiment dans lequel est situé le laboratoire d'analyse sensorielle est équipé d'air climatisé, on peut assurer une pression atmosphérique positive dans le secteur consacré aux isoloirs pour empêcher les infiltrations d'odeurs de l'extérieur.

2.1.4 Espace à bureau

En plus de l'espace nécessaire à la réalisation d'essais sensoriels, il faut disposer d'un endroit où l'animateur de panel peut préparer des bulletins et des rapports, analyser les données et enregistrer les résultats. Il devrait y avoir dans cette section un bureau, un classeur et une calculatrice avec des fonctions statistiques ou un ordinateur équipé d'un programme de statistiques pour l'analyse des données.

2.1.5 Fournitures pour les essais sensoriels

Les secteurs où l'on procède aux essais sensoriels devraient être équipés d'instruments pour la préparation des aliments ainsi que de matériel et de petits contenants pour servir les échantillons aux dégustateurs. Tous les ustensiles doivent être faits dans une matière qui ne transmet pas les odeurs ou les saveurs des aliments préparés ou échantillonnés. Le matériel pour la préparation des aliments et pour les servir, les ustensiles et la verrerie destinés au secteur des essais sensoriels devraient être achetés neufs et servir exclusivement à cette fin. Les aliments, les contenants pour échantillons (en particulier ceux qui sont jetables), les tasses pour se rincer et les ustensiles devraient être achetés en grandes quantités afin qu'on n'en manque pas pendant l'étude.

Petits équipements pour la préparation des aliments. On aura besoin d'une balance précise, de cylindres gradués, de pipettes, de flacons gradués et de gobelets en verre de diverses tailles pour faire des mesures précises au cours de la préparation et de l'échantillonnage des aliments. Les instruments de cuisson en verre (par exemple Pyrex) ou en vitro-céramique (par exemple Corningware) sont préférables à ceux en métal parce qu'il y a moins de chances que le verre ou la vitro-céramique modifie la saveur ou les odeurs des aliments qu'on y cuit. Si on ne trouve que des casseroles en métal, on choisira plutôt l'acier inoxydable que l'aluminium, le fer blanc ou la fonte. On aura également besoin de thermomètres et d'ustensiles usuels de cuisine comme des tamis, des filtres, des ouvre-boîtes, des couteaux, des fourchettes, des cuillères, des bols, des poignées et des contenants à couvercles.

Contenants à échantillons. Il faut choisir les contenants à échantillons en fonction de la taille et des caractéristiques de l'échantillon. La taille du contenant sera fonction du type de produit soumis aux essais et de la quantité qu'on veut y mettre. Les contenants en papier, en plastique ou en polystyrène jetables de 30 à 60 mL (1 à 2 oz) avec des couvercles (Fig. 3), les assiettes pétri et en papier jetables sont tous pratiques mais coûtent assez cher. Les contenants réutilisables comme les verres, les moules en verre, les cocotiers en verre, les petits gobelets, les ramequins en verre, les bouteilles, les assiettes en verre ou assiettes pétri (Fig. 4) et les pots en verre sont des solutions de remplacement acceptables. Il faut des couvercles pour empêcher les échantillons d'aliments de sécher ou de changer de température ou d'apparence et pour empêcher la poussière de les contaminer. Les couvercles présentent une importance particulière quand on doit évaluer les odeurs de l'échantillon d'aliments. Les couvercles permettent aux odeurs de l'échantillon de s'accumuler dans le contenant afin que les dégustateurs les sentent pleinement quand ils ouvrent le contenant.

Lors de l'achat des contenants à échantillons, il est important de vérifier qu'ils n'aient pas d'odeurs qui leur soient propres qui puissent nuire à l'évaluation des produits alimentaires. Il faut acheter

Fig. 3. Contenants jetables pour servir les échantillons.

Fig. 4. Contenants réutilisables pour servir les échantillons.

suffisamment de contenants de la même taille et de la même forme pour s'assurer qu'on puisse en utiliser d'identiques pour tous les échantillons servis pendant une étude.

Plateaux. Il faut se servir de plateaux de plastique ou de métal pour servir les échantillons à chaque dégustateur. On recommande des plateaux chauffants électriques personnels pour chaque isoloir afin de pouvoir servir les échantillons chauds. En mettant les échantillons dans un bain d'eau sur le plateau chauffant, on peut répartir plus également la chaleur qu'en mettant les échantillons directement sur le plateau. On peut aussi conserver les échantillons au chaud dans un thermos ou dans un four tiède dans la section servant à la préparation jusqu'au moment de servir. Dans tous les cas, il faut disposer de contenants qui ne fondent pas et qui ne permettent pas à l'eau de pénétrer. Les contenants en polystyrène avec des couvercles sont un moyen économique de garder les échantillons au chaud pour de courtes périodes.

Autres fournitures. On aura également besoin de cuillères, de fourchettes et de couteaux en plastique, de serviettes, de tasses en verre ou jetables pour l'eau et les crachats et de grandes cruches ou des pichets, de préférence en verre, pour l'eau à boire. On trouvera à la Figure 5 la présentation typique d'un plateau d'échantillons à remettre à un dégustateur. On suggère également de se servir d'un détergent à laver la vaisselle sans odeurs pour laver l'équipement.

2.2 INSTALLATIONS TEMPORAIRES D'ESSAIS SENSORIELS

Quand on ne dispose pas d'un endroit conçu spécialement pour les essais sensoriels, ou quand les panels, comme les panels de consommateurs, se déroulent à l'extérieur de l'installation permanente, on peut organiser une installation temporaire pour satisfaire aux exigences de base nécessaires à la réalisation des essais sensoriels.

Fig. 5. Présentation typique d'un plateau d'échantillons à remettre à un dégustateur.

2.2.1 Zone de préparation des aliments

On peut mettre en place une installation temporaire de cuisson dans un laboratoire en se servant de plaques chauffantes, de contenants en polystyrène pour garder la nourriture au chaud pour de courtes périodes. On peut également mettre les plateaux sur des chariots quand l'espace est limité sur le plan de travail.

2.2.2 Zone réservée au panel

On peut présenter les échantillons pour évaluation dans toute autre zone distincte où les distractions, les bruits et les odeurs sont réduits à leur minimum. Une pièce où l'on prend les déjeuners ou les cafés qui ne sert pas au moment des essais sensoriels peut très bien convenir à cette fin si les odeurs d'aliments ont été évacuées. Afin d'assurer une certaine intimité aux dégustateurs, et pour minimiser les distractions, on peut construire et mettre en place des partitions transportables en bois léger ou en carton lourd qu'on mettra sur les tables entre chaque dégustateur.

2.2.3 Espace de bureau

L'animateur du panel aura besoin d'espace pour préparer ses bulletins, organiser les essais sensoriels et analyser les données. Il aura besoin de disposer d'une calculatrice ayant des fonctions statistiques.

2.2.4 Fournitures pour les essais sensoriels

Celles dont on aura besoin dans ce cas sont les mêmes que dans les installations permanentes.

2.3 CONCEPTION D'UN LABORATOIRE SIMPLE D'ESSAIS SENSORIELS

À l'INCAP au Guatemala, on a construit, à côté d'une cuisine existante, un laboratoire d'analyse sensorielle comprenant des isoloirs et une zone de discussion (Fig. 6). Cette zone de préparation des aliments était déjà bien équipée de cuisinières, d'éviers, de réfrigérateurs, de placards de rangement et de plans de travail.

Les isoloirs de cette nouvelle installation sont accessibles de la cuisine au moyen de passe-plats équipés de portes coulissantes. Les 5 isoloirs sont ouverts sur l'arrière vers la zone de discussion de groupe meublée d'une grande table et de tabourets pouvant accueillir 12 à 15 personnes. Chaque isoloir a son éclairage individuel et une prise de courant. Les divisions entre les isoloirs sont montées sur charnières afin que l'on puisse les replier sur le côté si davantage d'espace de plan de travail était nécessaire à certaines occasions.

Si, dans ce cas, on n'a pas pu aménager un bureau distinct pour l'animateur du panel, il y a toutefois un bureau dans la zone de préparation des aliments qui offre suffisamment d'espace pour préparer les bulletins et analyser les données.

Ce laboratoire d'analyse sensorielle de l'INCAP a été doté du matériel suivant :

- une balance de précision
- des articles en verre (cylindres gradués et gobelets de diverses tailles)
- 5 plateaux chauffants électriques avec des thermostats ajustables (1 par isoloir)
- 8 casseroles en verre de 3 L avec couvercles
- 10 contenants en plastique de 300 mL avec couvercles pour l'entreposage

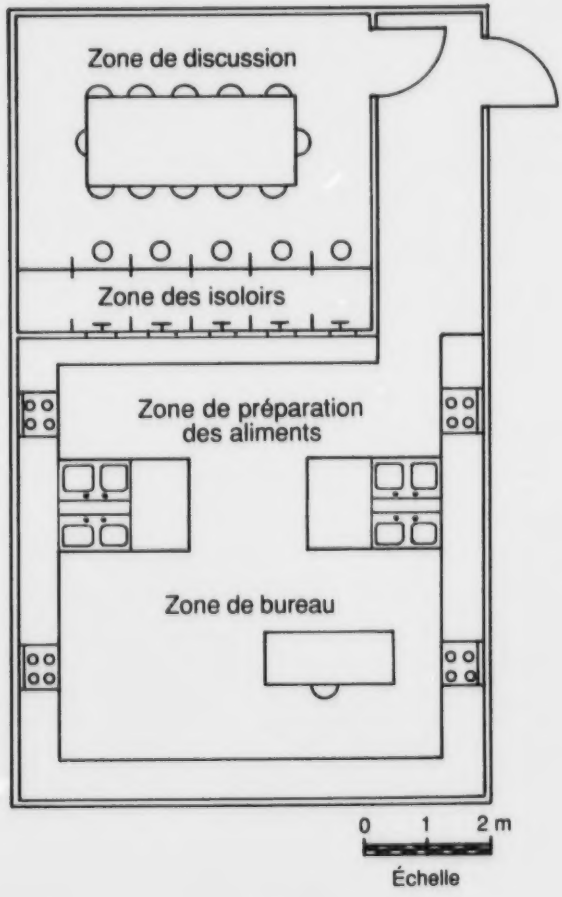


Fig. 6. Plan d'un laboratoire simple d'essais sensoriels situé à l'INCAP, Guatemala.

- 20 contenants en polystyrène de 15 cm de diamètre avec couvercles (contenants à tortilla)
- 15 plateaux de plastique blanc pour le service
- 6 grandes cruches à eau
- 48 verres à échantillons rouges de 50 mL avec fins couvercles de papier métallique
- tasses en plastique de 75 mL, jetables, pour l'eau et les crachats
- contenants à échantillons en plastique de 30 mL avec couvercles, jetables
- tasses à échantillons en polystyrène de 30 mL avec couvercles, jetables
- cuillères à thé en plastique blanc, jetables
- serviettes en papier
- poignées, linges à vaisselle, cuillères, fourchettes, couteaux, filtres, serviettes de papier, détergent
- calculatrice à fonctions statistiques

MISE EN PLACE DES PANELS D'ANALYSE SENSORIELLE

L'instrument de vérification pour l'analyse sensorielle est le panel de personnes qui ont été recrutées et formées pour réaliser des tâches précises d'évaluation sensorielle. Leur recrutement, leur formation, le contrôle de leur performance, les directives à leur donner et leur motivation relèvent de l'animateur du panel. Il est indispensable pour le bon fonctionnement du panel que l'animateur s'occupe efficacement de la préparation et de la gestion du panel.

3.1 RECRUTEMENT DES DÉGUSTATEURS

Tant en ce qui concerne les panels de dégustateurs experts que ceux réalisés avec des dégustateurs amateurs, on peut généralement trouver les dégustateurs au sein du personnel de l'institution ou de l'organisation qui procède à la recherche. La majorité des personnes au sein d'une organisation sont des dégustateurs éventuels. En règle générale, ils seront intéressés à y participer s'ils ont le sentiment que leur apport est important.

Afin d'aider à leur recrutement, il faut demander à tous les dégustateurs éventuels de remplir des questionnaires qui leur feront préciser leurs goûts en ce qui concerne les aliments, leur niveau d'intérêt pour le projet, les contraintes auxquelles ils sont soumis en matière d'alimentation ou les allergies qu'ils peuvent avoir et de préciser les moments où ils seraient libres pour les panels. Ces renseignements aideront l'animateur à choisir les personnes qui conviennent le mieux à l'étude. Il peut s'avérer utile, dans une entreprise ou une institution où on procède régulièrement à des analyses sensorielles, de conserver dans un classeur ces renseignements sur les dégustateurs éventuels. Il faut également conserver un dossier sur chaque dégustateur qui participe à tout panel d'analyse sensorielle.

3.2 LES DIRECTIVES À DONNER AUX DÉGUSTATEURS

Les dégustateurs éventuels doivent être invités à se présenter à l'endroit où se déroule le panel en groupes ne dépassant pas 10 personnes, afin que l'animateur puisse leur expliquer l'importance des essais sensoriels, leur montrer les installations et répondre aux questions qu'ils peuvent avoir. Les personnes qui ne participent qu'aux panels sur place destinés à évaluer l'acceptabilité d'un produit (panels de dégustateurs amateurs) n'ont pas besoin de formation ultérieure. Il est toutefois utile de montrer la façon dont les bulletins seront remplis, en se servant de bulletins agrandis projetés sur un écran ou illustrés sur un tableau. Il faut éviter de discuter de l'aliment qui sera soumis aux essais. En expliquant la méthode et les procédures d'analyse utilisées, on réduira la confusion et rendra la tâche plus facile aux dégustateurs. Il est important qu'ils comprennent bien les procédures utilisées et la façon de remplir les cartes de pointage afin de participer aux essais sur la même base.

Il faut recommander aux dégustateurs d'éviter l'utilisation de produits à l'odeur prononcée, comme les savons, les lotions et les parfums

avant de participer à un panel et d'éviter de manger, de boire ou de fumer au moins 30 minutes avant de procéder aux essais.

3.3 SÉLECTION DE PERSONNES POUR LES PANELS DE DÉGUSTATEURS EXPERTS

Les personnes qui acceptent de participer aux panels de dégustateurs experts devraient être soumises à un examen pour déterminer si elles ont une acuité sensorielle «normale». On peut le faire en leur demandant d'identifier des saveurs élémentaires et des odeurs courantes. On trouvera aux Annexes 1 et 2 des instructions pour réaliser des essais d'identification des saveurs et des odeurs.

Il faut aussi tester la sensibilité des dégustateurs, c'est-à-dire leur aptitude à faire la différence entre des niveaux d'une caractéristique sensorielle donnée. On se sert souvent pour cela de tests triangulaires pour lesquels on utilise des échantillons d'aliments ou des solutions identiques pour tous si ce n'est du niveau d'une caractéristique de saveur ou de texture. Ce processus d'examen permet d'identifier les gens qui ont un odorat ou un goût peu marqué ou qui ne sont pas sensibles aux variations des intensités de saveur ou de texture. Ce processus d'examen permet d'acquérir dans une certaine mesure une expérience sensorielle préliminaire pour ceux qui participeront au panel de dégustateurs experts.

Après cette première sélection, il faudra soumettre les dégustateurs à d'autres essais pour déterminer leur aptitude à différencier des échantillons très comparables ou identiques à ceux qui seront étudiés. Certains dégustateurs ont des capacités de distinction excellentes pour un type de produits alimentaires mais nettement moins bonnes pour d'autres. Il est important de trouver des dégustateurs qui sont sensibles aux différentes caractéristiques de l'aliment à tester.

Si 20 à 25 personnes ont été sélectionnées, on devrait pouvoir en retenir un groupe de 12 à 14 pour la formation qui auront fait preuve d'une performance supérieure au cours de ces essais. Ceux qui sont retenus devront également faire preuve d'intérêt pour le projet et pouvoir y participer à long terme. En règle générale, les séances de formation d'un panel durent environ 30 minutes par jour, 2 à 4 fois par semaine. Elles devront se faire au début avec un groupe plus important de personnes que celui dont on a besoin pour le panel. On est presque assuré que certains d'entre eux devront abandonner à cause de maladie ou des exigences de leur travail. Le groupe final qui aura reçu la formation complète devrait être composé d'au moins 8 personnes ayant l'aptitude de bien distinguer les différences, tel que requis pour la tâche à accomplir.

3.4 FORMATION DES DÉGUSTATEURS

La performance de chaque dégustateur, et de l'ensemble du panel, peut être améliorée en pratiquant les exercices qui conviennent. La formation doit être conçue pour aider les dégustateurs à porter un jugement valide et fiable qui soit indépendant de leurs préférences personnelles. Chaque exercice de formation devrait être suivi d'une discussion des résultats, sous la direction de l'animateur, afin que les dégustateurs puissent élaborer des méthodes uniformes d'évaluation en tant que groupe. La formation d'un panel aux essais de différence ou de classement par rang peut généralement se faire en quelques séances. Celle pour l'analyse quantitative peut nécessiter de 10 à 12 séances ou même plus si on veut évaluer un nombre important de caractéristiques sensorielles.

La dernière étape de la formation devrait se faire avec des produits alimentaires comparables à ceux qui serviront pendant les essais réels. Les dégustateurs devraient se familiariser avec la gamme des intensités des caractéristiques auxquelles ils seront confrontés pendant l'étude. Durant cette période, les procédures qui conviennent le mieux à la

préparation et à la présentation des échantillons seront mises au point, ainsi que des bulletins et des cartes de pointage dont on se servira.

Il faut qu'il y ait des discussions fréquentes entre les dégustateurs et l'animateur afin de s'assurer qu'ils comprennent bien la tâche à accomplir, sachent bien comment remplir les bulletins, comprennent bien la terminologie utilisée et puissent faire la distinction entre les caractéristiques à étudier. On parviendra à obtenir des réponses uniformes des dégustateurs et on verra à ce qu'ils s'entendent entre eux en fournissant des définitions et des descriptions précises pour l'évaluation de chaque caractéristique et en fournissant des échantillons d'aliments permettant de percevoir chaque caractéristique quand cela est possible.

Les dégustateurs qui ne parviennent pas à réussir un type d'analyse sensorielle peuvent par contre obtenir de bons résultats à un autre. L'animateur devrait les inciter à participer à des panels ultérieurs et manifester son appréciation de leur travail.

3.5 CONTRÔLE DE LA PERFORMANCE DES DÉGUSTATEURS

Il faut assurer le contrôle de la performance des dégustateurs pendant la période de formation pour déterminer les progrès réalisés. Cela permet d'adapter la formation aux échantillons et aux caractéristiques des échantillons qui posent des difficultés d'identification et d'évaluation aux dégustateurs. On considérera que la formation est terminée quand les dégustateurs sont à l'aise avec la procédure d'évaluation, peuvent de façon répétée faire la distinction entre les divers échantillons et donnent des résultats reproductibles. On peut à ce moment-là identifier les dégustateurs qui donnent des résultats supérieurs et les retenir pour toute la durée de l'analyse sensorielle.

L'animateur du panel assure le contrôle de la performance en évaluant l'aptitude de l'ensemble du panel, et celle de chaque participant,

à distinguer des différences entre les échantillons soumis aux essais et en veillant à ce qu'on puisse obtenir de façon répétée les mêmes résultats. Pour les deux types d'évaluation, chaque dégustateur doit évaluer plusieurs fois un ensemble d'échantillons différents, dont l'animateur sait qu'ils sont différents, pour obtenir les données nécessaires. On se sert ensuite de l'analyse statistique (Analyse de variance — ANOVA) pour évaluer les résultats. Ces données sont analysées pour repérer les variations importantes entre les dégustateurs et entre les échantillons. Les différences importantes qui peuvent survenir entre les dégustateurs peuvent être réduites à l'aide d'une formation supplémentaire. Quand on n'enregistre pas de différences sensibles entre les échantillons, cela veut dire qu'il faut davantage de formation dans les cas où l'animateur sait pertinemment qu'il y en a.

Les résultats de chaque dégustateur peuvent également être soumis à l'analyse. Ceux qui peuvent faire la distinction entre les différences marquées des échantillons avec un faible carré moyen des erreurs dans l'analyse devraient être conservés sur le panel. Si aucun des dégustateurs n'est sensible aux différences marquées d'une caractéristique donnée entre les échantillons, davantage de formation s'avère nécessaire pour cette caractéristique. On trouvera à l'Annexe 3 une description du contrôle de la performance des dégustateurs durant l'étape de formation.

On peut aussi assurer le contrôle de la performance des dégustateurs au cours de l'étude sensorielle en procédant à la comparaison de jugements à répétition. Cela permet de s'assurer que les dégustateurs ont une performance fiable, uniforme, et indiquera à quel moment ils auront besoin de formation additionnelle ou plus de motivation.

3.6 MOTIVATION DES DÉGUSTATEURS

Les dégustateurs qui sont intéressés à l'évaluation sensorielle, aux produits en cours d'évaluation et aux résultats de l'étude seront motivés

à avoir une meilleure performance que ceux qui ne manifestent pas d'intérêt. Il est important d'alimenter cet intérêt et cette motivation tout au long de l'étude pour s'assurer une performance optimum des dégustateurs et pour l'encourager.

Le fait d'informer les dégustateurs de leur performance au jour le jour leur fournira l'essentiel de leur motivation, en particulier pendant la phase de formation. Si on ne dispose pas de suffisamment de temps pendant les séances de panel pour discuter des résultats de la journée précédente, on peut afficher les données sur un tableau afin que les dégustateurs puissent les examiner à leur convenance. Il est toutefois préférable que l'animateur en discute personnellement avec eux, individuellement ou en groupe. Les résultats affichés peuvent ne pas être vus ou être mal interprétés. De plus, un petit cadeau ou un rafraîchissement (par exemple, bonbons, chocolats, biscuits, fruits, noix, jus, fromage ou craquelins) peut servir de récompense à la fin de la séance de panel de chaque jour. Afin de démontrer à chacun des dégustateurs que son apport a été apprécié, on peut offrir à la fin d'une longue série de panels une récompense plus marquée comme une petite fête, un déjeuner ou un petit cadeau.

RÉALISATION DES ESSAIS SENSORIELS

Les essais sensoriels ne donneront des résultats fiables que lorsqu'on exercera un bon contrôle des expériences à chaque étape du processus de vérification. Il faut planifier attentivement et normaliser toutes les procédures avant de commencer les essais réels. On devra accorder une attention particulière aux techniques utilisées pour l'échantillonnage des aliments, pour la préparation et la présentation des échantillons au panel et pour l'utilisation des échantillons de référence et de contrôle. Ces techniques sont présentées dans les sections suivantes du manuel.

4.1 ÉCHANTILLONNAGE DES ALIMENTS POUR LES ESSAIS SENSORIELS

Tous les aliments présentés aux dégustateurs pour les essais doivent bien évidemment ne pas présenter de risques. On ne devrait pas demander aux dégustateurs de goûter ou de manger tout aliment qui serait moisi ou aurait été traité d'une façon qui aurait pu entraîner une contamination microbiologique ou chimique. Si un aliment ou un ingrédient de l'aliment a été traité ou entreposé d'une façon qui peut le

rendre impropre à la consommation, on ne doit alors évaluer que les attributs qui concernent l'odeur et l'apparence.

Quand on échantillonne des lots d'aliments pour l'analyse sensorielle, les échantillons prélevés doivent être représentatifs de l'ensemble du lot. Si les portions qui seront servies aux dégustateurs ne sont pas représentatives de l'aliment, les résultats ne seront pas valides. Dans le cas d'un produit comme les fèves, le lot qui fera l'objet d'essais doit d'abord être mélangé soigneusement, puis divisé en quatre parties et un échantillon doit être prélevé dans chacune de ces parties. Ces quatre échantillons seront ensuite remélangés pour former l'échantillon soumis à l'essai. La taille de l'échantillon à tester devrait être calculée en fonction du nombre de portions qui seront nécessaires au panel.

4.2 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS POUR LES ESSAIS SENSORIELS

Les échantillons devant servir à des comparaisons sensorielles devraient tous être préparés avec la même méthode pour éliminer les possibilités des effets de la préparation (à moins, bien sûr, que la méthode de préparation soit une variable qui retienne l'intérêt). Les diverses étapes de la préparation doivent être normalisées au cours des essais préliminaires et bien documentées avant de commencer les essais pour s'assurer qu'il y aura uniformité au cours de chaque période d'essai. Quand on doit cuire et préparer différents types d'aliments, des fèves par exemple, aux fins de l'analyse sensorielle, les facteurs à contrôler comprennent le rapport entre la quantité de fèves et l'eau de trempage ainsi que l'eau de cuisson, le temps de trempage, la taille et la dimension du contenant de cuisson, le taux de cuisson et la durée, le temps qui s'écoule entre la cuisson et le moment où ils sont servis et la température à laquelle on les sert. Si le temps de cuisson doit varier entre les échantillons, on pourra étaler le début de la cuisson afin que tous les échantillons soient prêts en même temps. Si on ne procède pas de cette façon, les écarts de durée entre la fin de la cuisson et le moment où ils seront servis peuvent influencer l'évaluation sensorielle. Le fait de

conserver des échantillons pendant une période prolongée peut modifier sensiblement leur apparence, leur saveur et leur texture.

4.3 PRÉSENTATION DES ÉCHANTILLONS POUR LES ESSAIS SENSORIELS

Les méthodes de présentation des échantillons devraient également être normalisées. Il est important que chaque dégustateur reçoive une portion représentative de l'échantillon d'essai. C'est ainsi que les tortillas peuvent être coupées en pointes régulières pour que chaque dégustateur reçoive une part égale du bord et du centre de la tortilla. Les produits liquides devraient être remués quand on les prépare pour avoir une consistance uniforme dans toutes les portions. La croûte de surface du pain et des produits cuits ainsi que la surface extérieure des échantillons de viande devraient être retirées pour que chaque dégustateur ait une portion comparable. Si on laisse la croûte du pain sur les échantillons, chaque panéliste devrait recevoir un échantillon ayant une croûte comparable. Les portions doivent toutes être de la même taille. Quand les produits alimentaires sont formés d'un certain nombre de petits morceaux qui peuvent varier entre eux, il faut donner aux dégustateurs une portion assez grosse pour qu'ils puissent se servir de plusieurs morceaux pour l'évaluation de chaque caractéristique. C'est ainsi que quand on veut évaluer la fermeté des fèves, les dégustateurs devraient essayer trois ou quatre fèves avant d'inscrire leur résultat sur la fermeté de l'échantillon. En règle générale, il faut utiliser au moins 30 g (1 oz) d'aliment solide ou 15 mL (0,5 oz) de boisson (ASTM STP 434, 1968).

Les échantillons devraient tous avoir la même température et celle-ci devrait être celle à laquelle l'aliment est habituellement consommé. Le lait doit être servi à la température du réfrigérateur alors que le pain et les gâteaux seront servis à la température de la pièce. Il faut chauffer certains aliments pour faire apparaître leurs odeurs ou leur saveur. C'est ainsi qu'on évalue les odeurs des huiles végétales après avoir porté leur température à 50 °C.

Les dégustateurs peuvent préférer évaluer certains aliments quand ils sont servis avec des accompagnements. C'est ainsi qu'on peut utiliser des craquelins pour étaler la margarine ou le beurre d'arachides. L'utilisation de ces accompagnements peut toutefois présenter des problèmes car ils ont leur propre saveur et texture qui peut fausser l'évaluation des dégustateurs du produit alimentaire à l'essai.

Les échantillons d'aliment évalués peuvent être avalés ou crachés mais il est toutefois souhaitable que tous les membres du panel appliquent la même technique. Il faut fournir des tasses avec couvercles pour cracher les restes d'aliment.

On offre souvent de l'eau à la température de la pièce aux dégustateurs afin qu'ils puissent se rincer la bouche avant et entre chacun des échantillons qu'ils goûtent. L'eau de rinçage peut être avalée ou crachée. Si l'eau à la température de la pièce ne permet pas de bien nettoyer la bouche avant de goûter, on pourra utiliser de l'eau tiède, de l'eau citronnée, des craquelins au soda non salés, du pain blanc ou des tranches de pomme. L'eau tiède est particulièrement utile quand on fait des essais sur des matières grasses ou des huiles. Il est possible qu'il soit nécessaire d'attendre plus longtemps entre les évaluations de chaque échantillon si les produits à l'essai ont des saveurs marquées. On peut aussi dans ce cas devoir limiter le nombre d'échantillons à deux ou trois par séance.

Quand on évalue d'autres caractéristiques que la couleur, il peut être nécessaire de cacher les variations de couleur qui pourraient autrement influencer le jugement que les dégustateurs ont à faire des autres caractéristiques. Un éclairage rouge, bleu, vert ou jaune peut servir à masquer efficacement ces différences entre les échantillons.

4.4 UTILISATION DES ÉCHANTILLONS DE RÉFÉRENCE

Quand on procède à des essais sensoriels, on se sert souvent d'échantillons de référence. Il peut s'agir d'échantillons de référence désignés auxquels tous les autres échantillons seront comparés ou il peut s'agir d'échantillons identifiés qui serviront à accorder des points sur une échelle de mesure. Il peut encore s'agir de références cachées ou codées sur des échantillons servis aux dégustateurs en même temps que les échantillons à l'essai afin d'évaluer leur performance.

Quand on procède à des essais sensoriels sur des périodes de plusieurs semaines ou de plusieurs mois, ou quand les essais doivent être faits à de longs intervalles comme quand on veut évaluer les effets de l'entreposage, il est alors essentiel de se servir d'échantillons de référence désignés. Ceux-ci peuvent être prélevés parmi les aliments réels ou des échantillons qui doivent faire l'objet d'essais, ou il peut s'agir d'un produit alimentaire d'un type comparable. Quand on procède à une étude sur les effets de l'entreposage, l'échantillon désigné de référence peut être l'échantillon de contrôle (un échantillon entreposé dans des conditions normales) ou un échantillon frais. Si la recherche vise à obtenir une version améliorée d'un produit commercialisé, ce produit peut servir de référence. Quand on procède aux essais avec un panel de dégustateurs experts, celui-ci devrait évaluer l'échantillon de référence avant de commencer les essais réels. Les résultats sur lesquels le panel s'entend, pour chaque caractéristique à mesurer, peuvent alors être ajoutés au bulletin qui sert pour l'expérience. Si à chaque séance on fournit aux dégustateurs un échantillon désigné et noté de référence, cela les aidera à noter les échantillons expérimentaux de façon plus uniforme.

On appelle souvent les échantillons de référence qui servent à inscrire des points sur une échelle ou à calibrer l'échelle, des échantillons-types. Ces échantillons de référence peuvent être composés d'aliments comparables à ceux soumis aux essais ou bien totalement différents. Si on procède à l'évaluation d'un certain nombre de caractéristiques du

produit, des échantillons de référence (échantillons-types) peuvent être nécessaires. On trouvera à l'Annexe 5 des échantillons de référence alimentaires qui servent à repérer les points extrêmes des échelles ou les caractéristiques de texture des fèves cuites que sont la dureté, la taille des morceaux et la résistance du tégument.

Afin de vérifier la performance des dégustateurs, on peut leur servir des échantillons de référence dissimulés ou des échantillons de contrôle «aveugles» lors de quelques séances ou pour toutes les séances d'évaluation. Cet échantillon de référence dissimulée doit être suffisamment comparable aux échantillons soumis aux essais pour qu'on ne puisse pas les identifier immédiatement comme étant l'échantillon contrôle. On doit le coder de la même façon que les échantillons de l'expérience, en se servant d'un numéro de code différent chaque fois qu'on le présente au panel. Si les résultats de l'un ou de plusieurs dégustateurs pour l'échantillon de référence dissimulée varient de façon inacceptable, il faudrait davantage de formation ou exclure leurs résultats dans les données.

Un échantillon de référence améliorera l'uniformité du panel uniquement si cet échantillon est lui aussi uniforme. Si on le change, il ne servira pas le but visé. De façon idéale, il faut se procurer au début suffisamment de produits de référence pour toute la durée de l'expérience et l'entreposer pour que ses qualités sensorielles ne soient pas altérées au cours de la période d'essai. Il peut s'avérer impossible d'interpréter les résultats si on utilise un nouvel échantillon de référence pendant le cours de l'étude ou si sa qualité change. Si le produit de référence est un aliment qui doit être préparé frais pour chaque séance, il faut alors normaliser les ingrédients et les méthodes de préparation avant que l'expérience ne commence.

COMMENT RÉDUIRE LE TAUX D'ERREURS DANS LES RÉPONSES DU PANEL

Au cours des essais sensoriels, les réponses des dégustateurs peuvent être influencées par des facteurs psychologiques. Si on ne tient pas compte de l'influence de ces facteurs quand on prépare et mène une expérience, les erreurs qui apparaissent peuvent conduire à des résultats erronés. Les facteurs psychologiques peuvent être responsables d'un certain nombre de types d'erreurs différents. Les erreurs peuvent provenir des anticipations des dégustateurs, de la disposition des échantillons et des effets de stimulus et de contraste. Nous verrons ceci plus en détail dans les sections qui suivent.

5.1 ERREURS D'ANTICIPATION

Des erreurs d'anticipation peuvent survenir quand on donne trop de renseignements aux dégustateurs sur la nature de l'expérience ou sur le type d'échantillons avant de procéder aux essais. Si les dégustateurs s'attendent à trouver certaines différences entre les échantillons, ils s'efforceront de les trouver. On ne devrait donner aux dégustateurs que

les renseignements dont ils ont besoin pour mener à bien l'expérience et il faut leur demander de ne pas échanger leurs opinions entre eux pendant que l'expérience est en cours. Ceux qui réalisent l'expérience ou dont les connaissances les amènent à attendre des résultats particuliers ne devraient pas participer au panel.

Les dégustateurs peuvent également avoir d'autres anticipations en ce qui concerne les échantillons. Ils peuvent s'attendre à ce que l'échantillon codé A soit «meilleur» que celui codé F, ou que l'échantillon codé 1 ait une caractéristique plus marquée que l'échantillon codé 5. Afin d'empêcher ces erreurs, chaque échantillon devrait être codé avec un numéro aléatoire à trois chiffres (comme 374 ou 902). Ces codes à trois chiffres n'influencent pas les jugements des dégustateurs de la même façon que le font un chiffre ou une lettre seule. Il est utile d'utiliser une table de nombres aléatoires, comme celle de l'Annexe 7, Tableau 7.1, pour choisir ces numéros. On commence n'importe où sur le tableau, à un endroit différent à chaque fois et en se déplaçant dans une direction différente. On peut ainsi choisir des numéros à trois chiffres en descendant une colonne ou le long d'une rangée.

5.2 ERREURS DUES À LA DISPOSITION

La façon dont les échantillons sont disposés peut aussi influencer les jugements des dégustateurs. C'est ainsi que quand on présente deux échantillons, on préfère souvent le premier au second. Les disposer au hasard pour qu'ils soient à des emplacements différents sur le plateau de chaque dégustateur peut minimiser ce type de risque d'erreurs.

5.3 ERREURS DE STIMULUS

Les erreurs de stimulus surviennent quand les dégustateurs sont influencés par des différences non pertinentes entre les échantillons,

comme la taille, la forme ou la couleur des échantillons d'aliments présentés. Une couleur plus marquée par exemple peut amener les dégustateurs à accorder une note plus élevée pour la saveur, même quand ces caractéristiques ne sont pas reliées entre elles. Afin de minimiser ces erreurs, les échantillons devraient être aussi comparables que possible pour toutes leurs caractéristiques, sauf celui qui fait l'objet de l'évaluation. Les différences de couleur peuvent être dissimulées en se servant d'éclairage coloré dans les isoloirs, comme on l'a vu plus tôt. On peut également se servir de lunettes noires ou opaques. Le fait d'évaluer chaque caractéristique indépendamment, pour tous les échantillons, réduira également le risque d'erreurs dues à l'association des caractéristiques. Quand on procède à l'évaluation de la couleur, de la texture et de la saveur de trois échantillons de pudding, l'erreur de stimulus sera réduite si on évalue la couleur des trois échantillons, puis leur texture et enfin la saveur des trois échantillons au lieu d'évaluer la couleur, la texture et la saveur du premier, puis du second, puis du troisième.

5.4 ERREURS DE CONTRASTE

Les effets des contrastes entre les échantillons peuvent également fausser les résultats des essais. Les dégustateurs qui évaluent un échantillon de bonne qualité avant un autre de qualité médiocre accorderont peut-être au deuxième échantillon une note inférieure que si un échantillon de mauvaise qualité avait été évalué auparavant. De la même façon, procéder à l'évaluation d'un échantillon de qualité inférieure en premier et d'un autre de bonne qualité en second peut augmenter la note donnée au premier. C'est ainsi que s'ils doivent évaluer un échantillon à saveur douce après un à saveur marquée, leur réponse sera influencée par le contraste entre les deux échantillons. Si tous les dégustateurs reçoivent leurs échantillons dans le même ordre, les effets de contraste peuvent avoir une influence marquée sur les données du panel. Ces effets de contraste ne peuvent pas être éliminés pendant les essais sensoriels, mais si on remet à chaque dégustateur ses échantillons dans un ordre différent, on peut équilibrer ces effets pour l'ensemble du

panel. On peut présenter les échantillons à chaque dégustateur dans un ordre pris au hasard ou en utilisant toutes les possibilités offertes par l'échantillon. Par exemple, lorsqu'on présente quatre échantillons à chaque dégustateur en même temps, il y a 24 combinaisons possibles. Pour s'assurer que chaque dégustateur évalue les échantillons dans l'ordre choisi à son intention, il faut inscrire les numéros de codes dans l'ordre qui convient sur les bulletins réponses et demander aux dégustateurs d'évaluer les échantillons dans l'ordre indiqué sur ce bulletin. Dans la mesure du possible, les échantillons codés seront présentés dans cet ordre aux dégustateurs pour qu'ils puissent procéder à l'évaluation de la gauche vers la droite.

CUEILLETTE ET ANALYSE DES DONNÉES SENSORIELLES

Les données sensorielles peuvent se présenter sous la forme de fréquences, de rangs ou de données numériques quantitatives. La forme des données dépend du type d'échelles de mesures utilisées pendant les essais sensoriels. Pour procéder à l'analyse statistique des données, il faut utiliser les méthodes qui conviennent aux données de fréquence, de rangs ou quantitatives. Nous verrons dans la section suivante les divers types d'échelles et de méthodes statistiques qui conviennent à l'analyse des données obtenues.

6.1 ÉCHELLES DE MESURES

Les échelles de mesures servent à quantifier des renseignements sensoriels. On peut les classer selon leur type en échelles nominales ou ordinales, ou en échelles d'intervalles ou échelles de rapport. Étant donné que le type d'échelle choisie affectera le type d'analyses statistiques à faire, l'échelle de mesures doit être choisie après un examen attentif des objectifs de l'étude.

6.1.1 Échelles nominales

Les échelles nominales sont les plus simples. Quand on les utilise, les nombres représentent des étiquettes ou des noms de catégories et non pas des valeurs numériques réelles. C'est ainsi qu'on peut demander aux dégustateurs d'utiliser une échelle nominale pour identifier des caractéristiques d'odeurs de la sauce tomates où 1 = fruité, 2 = sucré, 3 = épicé, et 4 = piquant. Ils inscrivent le numéro de chaque caractéristique d'odeur qu'ils retrouvent dans chaque échantillon et l'animateur prépare un tableau des fréquences d'apparition de chaque caractéristique pour chaque échantillon. On procède alors à la comparaison des produits en observant la fréquence de chaque caractéristique d'odeur dans chaque échantillon.

Au lieu d'utiliser des nombres représentant des noms, on peut se servir directement des noms dans une échelle nominale. On peut donner aux catégories des noms et présenter ensuite sous forme de tableau les fréquences de chaque catégorie et faire des comparaisons. Les échantillons d'aliments peuvent être classés comme acceptables ou inacceptables et le nombre de dégustateurs décrivant l'échantillon comme inacceptable comparé avec le nombre de dégustateurs qui le jugent acceptable.

6.1.2 Échelles ordinales

Dans les échelles ordinales, les nombres représentent un rang. Les échantillons sont classés par ordre d'importance. Les rangs n'indiquent pas l'importance de la différence entre les échantillons. Ils servent à la fois pour les essais axés sur le consommateur et ceux axés sur le produit. Dans les panels de consommateurs, les échantillons sont classés en fonction de la préférence ou de l'acceptabilité. Les biscuits préparés de trois façons différentes peuvent être classés par ordre de préférence de 1 pour ceux que l'on préfère à 3 pour ceux qu'on aime le moins. Dans le cas des essais axés sur le produit, on classe les intensités d'une caractéristique d'un produit donné. C'est ainsi qu'on peut classer le

caractère salé de cinq échantillons de soupe au poulet, 1 correspondant à la soupe la plus salée et 5 à la soupe la moins salée.

6.1.3 Échelles d'intervalles

Les échelles d'intervalles permettent de classer les échantillons en fonction de l'ampleur d'une caractéristique unique du produit ou en fonction de l'acceptabilité ou de la préférence. Les échelles d'intervalles révèlent l'ampleur des différences entre les échantillons. En reprenant l'exemple des soupes au poulet, en se servant d'une échelle à intervalles, on aurait su non seulement quelle est la soupe la plus salée mais également connu le nombre d'intervalles séparant la plus salée de la moins salée. Pour mesurer la différence entre les échantillons, la longueur des intervalles sur l'échelle doit être constante.

Les échelles de catégories et les échelles linéaires (Fig. 7) sont deux types d'échelles sensorielles considérés généralement comme des échelles à intervalles. Une échelle de catégorie est divisée en intervalles ou catégories de tailles égales. On donne aux catégories un nom descriptif ou un numéro. On peut donner un nom à toutes les catégories ou seulement à quelques-unes comme aux points extrêmes et médian de l'échelle. Le nombre total des catégories varie mais il se situe souvent entre 5 et 9. Il peut s'avérer utile d'utiliser des images ou des diagrammes pour illustrer les catégories de l'échelle si les dégustateurs éprouvent des difficultés à lire ou à comprendre le langage de l'échelle (Fig. 7). On se sert souvent d'échelles linéaires sur lesquelles on indique les extrémités et le milieu pour quantifier des caractéristiques. La longueur de l'échelle peut varier mais on utilise souvent une longueur de 15 cm. Les dégustateurs n'utilisent pas toujours les échelles de catégories ou linéaires comme des échelles d'intervalles égaux. Cela est particulièrement vrai des dégustateurs amateurs. Quand on a des doutes sur l'égalité des intervalles de l'échelle, les résultats des dégustateurs doivent être convertis en rangs et les échelles de catégories ou linéaires considérées comme des échelles ordinales. Les exemples qu'on utilise dans ce document font cependant l'hypothèse que la taille des

a) Échelle à 5 catégories pour l'intensité d'une caractéristique

Code	
_____	trace
_____	légèrement intense
_____	modérément intense
_____	fortement intense
_____	extrêmement intense

b) Échelle linéaire pour mesurer l'intensité d'une caractéristique

faible — fort

c) Échelle de sourires pour le degré d'appréciation

n'aime pas du tout	n'aime pas beaucoup	indifférent	aime un peu	aime beaucoup
☐	☐	☐	☐	☐

Fig. 7. Exemples d'échelles sensorielles couramment utilisées.

intervalles est égale entre les catégories et le long de l'échelle linéaire et on analysera les deux échelles comme des échelles d'intervalles.

Les échelles d'intervalles servent à la fois pour les tests axés sur le consommateur et les tests axés sur le produit. Le degré d'appréciation, le niveau de préférence ou l'acceptabilité du produit sont mesurés au moyen des tests axés sur les consommateurs. L'intensité des attributs d'un produit est mesurée au moyen des tests axés sur le produit.

6.1.4 Échelles de rapport

Les échelles de rapport sont comparables aux échelles d'intervalles, sauf qu'elles comportent un zéro vrai. Sur une échelle d'intervalles, le point zéro est choisi de façon arbitraire et ne signifie pas nécessairement l'absence de mesure d'une caractéristique. Sur une échelle de rapport, le point zéro indique l'absence complète de cette caractéristique. Si on avait utilisé une échelle de rapport pour mesurer les cinq échantillons de soupe au poulet, le nombre d'intervalles de salinité séparant les échantillons indiquerait combien de fois un échantillon est plus salé qu'un autre. Si on avait donné une mesure de 3 à l'échantillon A et une mesure de 6 à l'échantillon B pour le degré de salinité, sur une échelle de rapport, cela voudrait dire que l'échantillon B est deux fois plus salé que l'échantillon A. On utilise rarement les échelles de rapport pour les tests axés sur le consommateur parce qu'il faut de l'expérience pour réussir à les utiliser correctement.

6.2 L'ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats sensoriels sont analysés statistiquement afin de permettre à l'expérimentateur de tirer des conclusions sur la population de personnes ou de produits alimentaires d'après l'échantillon tiré de ces populations. On peut, avant de procéder à l'expérience, faire des hypothèses ou imaginer d'après ses connaissances les caractéristiques de la population et les résultats attendus de l'expérience. C'est ce qu'on

appelle des hypothèses et elles peuvent être formulées de deux façons. L'hypothèse voulant qu'il n'y ait pas de différences entre les deux échantillons, ou entre plusieurs échantillons, est ce qu'on appelle l'hypothèse nulle. Il y a également l'hypothèse statistique qui est acceptée ou rejetée en fonction de l'analyse statistique des résultats de l'expérience. L'autre hypothèse qu'on peut faire est qu'il y a des différences entre et parmi les échantillons. C'est là une autre forme d'hypothèse qu'on appelle souvent hypothèse de recherche. C'est ainsi que si on procède à une expérience pour déterminer si l'addition de sel à l'eau de cuisson ramollit les fèves, l'hypothèse nulle serait qu'il n'y aurait pas de différence entre les fèves cuites avec ou sans sel. L'autre hypothèse, hypothèse de recherche, serait formulée en disant que les fèves cuites avec du sel sont plus molles que celles cuites sans sel. Il est possible, en se servant du test statistique approprié, de déterminer si l'hypothèse nulle doit être acceptée ou rejetée. Si elle est acceptée, la conclusion est alors qu'il n'y a pas de différence entre les fèves cuites au moyen des deux méthodes d'après ce test. Si elle est rejetée, on en conclut que les fèves cuites avec du sel sont probablement plus molles.

Les résultats des tests statistiques sont exprimés en donnant la probabilité que le résultat soit vrai du fait d'un événement fortuit plutôt que d'une différence réelle. Si on obtient un résultat 5 fois sur 100, du fait du hasard, on dit alors que la probabilité est de 0,05. On estime habituellement qu'un résultat statistique est significatif si sa probabilité est égale ou inférieure à 0,05. À ce niveau de probabilité, l'hypothèse nulle serait rejetée 5 fois sur 100 alors qu'en vérité elle devrait être acceptée. Quand on dit qu'une différence est significative à 5 % (une probabilité de 0,05), cela signifie que 95 fois sur 100 la différence est bien réelle.

Il faut choisir avant de procéder aux essais sensoriels le niveau auquel on considérera les résultats comme significatifs. Ainsi, la décision n'influencera pas les résultats. On retient généralement des niveaux de 0,05 ou 0,01. Le fait de retenir un niveau de signification de 0,05 plutôt que de 0,01 fait qu'il est plus probable qu'on signale une différence quand il en existe réellement une (c'est-à-dire que l'hypothèse nulle a

davantage de chances d'être rejetée). Toutefois, il veut également dire que les probabilités sont plus importantes pour que la différence perçue soit due au hasard.

Quand on procède à des essais axés sur le consommateur, on peut tirer des conclusions sur un groupe, comme les utilisateurs éventuels d'un produit alimentaire, si le groupe ou la population a été échantillonné de façon aléatoire pour former un panel de consommateurs. Dans le cas des tests axés sur les produits, les dégustateurs ne sont pas choisis de façon aléatoire et on ne peut pas tirer de conclusions sur une population donnée de consommateurs. On peut cependant tirer des conclusions sur les caractéristiques de la population d'aliments testés. Dans les deux types de tests, les échantillons d'aliments doivent être choisis au hasard dans les lots de produits retenant l'attention si on veut pouvoir appliquer les résultats à l'ensemble du produit. Quand il n'est pas possible de faire l'échantillonnage de façon aléatoire, il faut être prudent quand on généralise la conclusion tirée du test à un groupe plus important ou à une population.

L'échantillonnage aléatoire d'une population exige que chaque unité de la population ait une chance égale d'être choisie. Obtenir un échantillon vraiment aléatoire de produit alimentaire est rarement possible. Il est toutefois important que les échantillons soient testés comme étant aussi représentatifs du lot original d'aliments que possible.

Il faut regrouper au début un lot d'échantillons suffisamment important pour répondre à tous les besoins de l'étude. On peut à partir de ce lot prélever des sous-échantillons qui seront affectés de façon aléatoire à chaque traitement expérimental ou à chaque répétition ou bloc. Les sous-échantillons ou portions sont choisis de façon aléatoire à chaque étape du processus.

6.3 LES TESTS STATISTIQUES

Les tests statistiques servent à analyser les données provenant des études sensorielles. Ces analyses statistiques visent les objectifs suivants :

1) vérifier les hypothèses;

2) voir s'il y a des différences importantes entre les échantillons, les traitements ou les populations et si ces différences sont fonction d'autres variables ou paramètres;

3) contrôler l'uniformité des réponses fournies par les dégustateurs experts à la fois pendant la formation et pendant l'étude elle-même.

6.3.1 Tests statistiques pour des données hiérarchiques

Les données provenant des échelles nominales et ordinales sont analysées en se servant de tests statistiques non paramétriques alors que les données provenant des échelles d'intervalles et de rapport sont analysées au moyen de tests statistiques paramétriques. Les méthodes non paramétriques sont moins discriminantes que les tests paramétriques mais ne nécessitent pas que les données soient distribuées de façon normale et indépendante comme c'est le cas pour les tests paramétriques. Les tests paramétriques exigent également que les échelles d'intervalles aient des intervalles ou des catégories qui soient égales à la fois en termes psychologiques et en taille. Si ce n'est pas le cas, les catégories doivent alors être traitées comme des données nominales et analysées au moyen de méthodes non paramétriques. L'utilisation de tests paramétriques par opposition à celle de tests non paramétriques pour l'analyse des données d'échelles de catégories a fait l'objet d'études dans de nombreuses publications (O'Mahoney, 1986, 1982; McPherson et Randall, 1985; Powers, 1984; Gacula et Singh, 1984; Daget, 1977).

Pour l'analyse des données sensorielles nominales, on se sert en général de tests binomiaux et de tests khi-carrés. Quant aux données ordinales ou de rangs, on les analyse plus couramment au moyen du test de Kramer ou du test de Friedman. On a toutefois trouvé des cas dans lesquels le test de Kramer ne convient pas (Basker, 1988; Joanes, 1985) et il n'est pas recommandé. Le test paramétrique le plus couramment utilisé pour l'analyse des échelles d'intervalles ou de rapport de données sensorielles est l'Analyse de variance (ANOVA).

Pour identifier les échantillons qui diffèrent les uns des autres, une fois que les différences statistiques ont été confirmées au moyen de l'Analyse de variance, on se sert de tests de comparaisons multiples de moyennes. On dispose de nombreux tests de comparaisons multiples comme le Nouveau test de comparaisons multiples de Duncan, le Test de Tukey, le Test de la plus petite différence significative (PPDS) et le Test de Scheffe. Parmi ces tests, celui de la PPDS est le plus puissant et le moins contraignant, suivi de ceux de Duncan, de Tukey et de Scheffe. En se servant du test de la PPDS, on aura davantage de chances de trouver des différences significatives entre deux échantillons. Il peut toutefois relever des différences où il n'y en a pas. Le test de Scheffe, lui, est très prudent et très conservateur et peut ne pas signaler des différences quand il y en a. On se sert souvent des tests de Duncan et de Tukey aux fins de l'analyse des données sensorielles car on estime qu'ils ne sont ni trop conservateurs ni trop permissifs.

On peut avoir recours aux techniques d'analyses multivariées quand on s'intéresse aux relations entre un certain nombre de mesures ou de tests différents. Les types d'analyses multivariées couramment utilisés lors des études sensorielles sont la Corrélation et l'analyse de régression, l'Analyse discriminante, l'Analyse des facteurs et l'Analyse en composantes principales. Ces méthodes nécessitent des calculs statistiques sophistiqués et nous ne les aborderons pas dans ce document. Le lecteur désireux d'approfondir ces questions dans le cas d'analyses sensorielles se reportera à O'Mahony (1986), Gacula et Singh (1984), Piggott (1984), Powers (1984, 1981), Moskowitz (1983), Ennis et al. (1982) et Stungis (1976).

On peut se servir de calculateurs programmables pour analyser de petites quantités de données à l'aide des tests statistiques illustrés dans ce manuel. Pour procéder à des analyses statistiques plus complexes, il faudra avoir recours à des programmes ou progiciels statistiques sur ordinateurs.

6.4 ÉTABLISSEMENT D'UN PLAN D'EXPÉRIENCE

Il s'agit ici des plans, de l'organisation et de l'enchaînement des étapes pour mettre en place, réaliser une expérience puis analyser ses résultats. Il faut choisir une structure expérimentale bien adaptée et efficace si on veut que les données et les résultats des tests soient fiables. Le plan retenu le sera en fonction des objectifs de l'étude, du type de produit à l'étude, des procédures et des conditions des tests, des ressources disponibles et du type de test statistique à réaliser.

Il y a de nombreuses façons de planifier des expériences en allant des plans simples, complètement aléatoires, à des plans plus complexes, fractionnés et factoriels. On se reportera à de bons ouvrages de références sur les statistiques et on s'adressera à un statisticien pour recommander la méthode la plus simple et la plus efficace d'atteindre les objectifs particuliers de l'étude.

Les caractéristiques les plus courantes d'un bon plan d'expérience sont la randomisation, le recours à la méthode des blocs et la répétition. Nous verrons ce que ces termes veulent dire dans la section suivante.

6.4.1 Randomisation

On se sert de la randomisation dans un plan expérimental pour minimiser les effets des sources de variations incontrôlables ou des erreurs et pour éliminer les opinions préconçues. La randomisation est

une procédure pour mettre les unités ou les échantillons dans un ordre tel que chaque unité a une chance d'être choisie à chaque étape du processus de présentation des échantillons. C'est ainsi que pour randomiser l'attribution des divers types de cuisson des échantillons d'aliments, on choisit un échantillon à cuire avec la méthode 1, mais tous les autres échantillons ont des chances égales d'être cuits avec la même méthode. On se sert pour cette méthode des tables de nombres aléatoires (Annexe 7, Tableau 7.1) de la même façon que pour choisir des numéros aléatoires à trois chiffres (Section 5.1).

6.4.2 Méthode des blocs

On se sert de la méthode des blocs dans de nombreuses expériences pour contrôler des sources de variations connues et pour améliorer l'efficacité. Les blocs peuvent être les effets du jour, les dégustateurs, les répétitions ou les ordres de présentation des échantillons, des parcelles cultivées, tout facteur dont on sait qu'il peut être la source d'erreurs lors de l'expérience. Les unités expérimentales sont regroupées en blocs. La variation entre les unités au sein d'un bloc a des chances d'être inférieure à la variation entre les blocs. La méthode des blocs permet d'avoir une mesure vraie de l'erreur pure ou expérimentale en tenant compte de la variance due aux facteurs de blocage et en la retirant des sources incontrôlables d'erreurs expérimentales. C'est ainsi que les dégustateurs d'expériences sensorielles, étant des êtres humains, sont souvent des sources connues de variations lors des expériences sensorielles. En les regroupant en blocs lors de la planification de l'expérience et de l'analyse des données, les variations dues aux dégustateurs peuvent être retirées de l'erreur expérimentale et isolées comme effet des dégustateurs. Le terme d'erreur servant à déterminer s'il y a des différences significatives entre les échantillons indiquera alors davantage l'erreur pure.

6.4.3 Répétition

La répétition d'une expérience suppose de pouvoir répéter toute l'expérience dans des conditions identiques. La répétition fournit une évaluation de l'erreur expérimentale et améliore la fiabilité et la validité des résultats des tests. Grâce à elle, on peut déterminer l'uniformité à la fois du panel et de chaque dégustateur. Le nombre de répétitions d'une expérience varie et est souvent fonction des contraintes de temps, d'argent et d'échantillon. Toutefois, on peut en général dire que plus il y a de répétitions, meilleures sont les évaluations d'erreurs expérimentales et plus fiables sont les résultats des tests.

TESTS SENSORIELS : DESCRIPTIONS ET APPLICATIONS

On peut décrire ou classer les tests sensoriels de plusieurs façons. Les statisticiens les classent comme étant paramétriques ou non paramétriques selon le type de données obtenues. Les spécialistes de l'analyse sensorielle et les chercheurs en alimentation les classent en tests axés sur le consommateur (affectif) ou axés sur le produit (analytique) en fonction de l'objectif à atteindre. Les tests qui servent à évaluer la préférence, le niveau d'acceptation ou le degré de goût des consommateurs pour les produits alimentaires sont dits axés sur le consommateur. Les tests servant à déterminer les différences entre les produits ou à mesurer des caractéristiques sensorielles sont dits axés sur le produit.

7.1 TESTS AXÉS SUR LE CONSOMMATEUR

Les tests de préférence, d'acceptation et hédoniques (degré d'appréciation) sont des tests axés sur le consommateur. Ils sont ainsi qualifiés puisqu'ils doivent être faits avec des panels de dégustateurs amateurs. Même si on demande aux dégustateurs d'indiquer la mesure dans

laquelle un produit leur plaît, ils le préfèrent où ils l'acceptent, les tests hédoniques servent souvent à mesurer la préférence ou l'acceptation de façon indirecte. Nous décrirons ces tests dans cette section en se servant comme exemple de tests de préférence par paires, d'échelle de classement par rang d'acceptation et d'une échelle hédonique à 9 niveaux.

7.1.1 Tests de préférence

Les tests de préférence permettent au consommateur de faire un choix entre deux échantillons; il choisit un échantillon par rapport à un autre ou il n'a pas de préférence. Le test de préférence par paires est le test de préférence le plus simple mais les échelles de catégorie et les tests de classement par rang servent aussi souvent à déterminer la préférence.

Instructions générales pour réaliser un test de préférence par paires.

Description de la tâche des dégustateurs : On demande aux dégustateurs lequel de deux échantillons codés ils préfèrent. Ils doivent en choisir un, même s'ils leur semblent égaux. Stone et Sidel (1985) prévoient la possibilité de répondre «aucune préférence» ou «aussi mauvais l'un que l'autre». On ne recommande toutefois pas cette solution pour les panels de moins de 50 dégustateurs car cela réduit la valeur statistique du test (il faut une différence plus importante dans les préférences pour que le test soit statistiquement significatif).

Présentation des échantillons : Les deux échantillons (A et B) sont présentés dans des contenants identiques codés avec des numéros aléatoires à trois chiffres. On peut les présenter dans deux ordres, soit A d'abord puis B (AB), ou B d'abord puis A (BA). Chaque ordre doit être présenté un nombre égal de fois. S'il y a 20 dégustateurs dans le panel, dix devront se voir remettre la combinaison AB et dix la combinaison BA. Quand le panel est plus important, l'ordre dans lequel ils reçoivent les échantillons peut être choisi au hasard. Comme chaque dégustateur a une chance sur deux de recevoir A en premier ou B en

premier, les deux ordres devraient se retrouver en nombre sensiblement identique.

Les échantillons sont présentés à chaque dégustateur simultanément dans l'ordre retenu, afin que les dégustateurs puissent les évaluer de la gauche vers la droite. Ils ont le droit de goûter plusieurs fois les échantillons. On trouve à la Figure 8 un exemplaire d'un bulletin à remplir lors d'un test de préférence par paires. L'ordre dans lequel les dégustateurs devront évaluer les échantillons sera indiqué sur les bulletins.

Analyse des données : Les résultats sont analysés en se servant d'un test binômial à deux queues. Ce test convient bien puisque chaque échantillon pourrait être préféré et on ignore la préférence au départ. On fait le total du nombre de juges préférant chaque échantillon et on vérifie la signification des totaux en se servant du Tableau 7.2 (Annexe 7). Dans ce tableau, X représente le nombre de dégustateurs préférant un échantillon, et n le nombre total de dégustateurs ayant participé au test. Ce tableau donne les probabilités à 3 chiffres après la virgule pour certaines combinaisons de X et de n. Il faut signaler que dans le tableau, on n'a pas inscrit la virgule des décimales, faute d'espace, et donc il faut lire 625 comme étant 0,625. C'est ainsi que si 17 dégustateurs sur 25 préfèrent l'échantillon A, la probabilité donnée par le tableau 7.2 (X = 17, n = 25) serait de 0,108. Comme on a généralement besoin d'une probabilité de 0,05 pour considérer les résultats significatifs, il faudrait dans ce cas conclure que l'échantillon A n'était pas préféré de façon significative à l'échantillon B. Si 19 des 25 juges avaient choisi l'échantillon A, la probabilité aurait alors été de 0,015 et on aurait constaté une préférence significative en faveur de l'échantillon A.

Le test de préférence par paires ne révèle pas le degré de préférence de l'échantillon préféré ou de l'importance de la différence entre les préférences entre les échantillons.

Exemple d'un test de préférence par paires administré à un panel de dégustateurs amateurs pour déterminer la préférence entre des fèves en purée

On a préparé des purées de fèves à partir de deux variétés de fèves noires, un échantillon A (631) et un échantillon B (228). On s'est servi d'un test de préférence par paires pour déterminer si une des purées de fèves était préférée à l'autre.

On a recruté 40 dégustateurs amateurs sur place. On a présenté les deux échantillons à chaque dégustateur simultanément. Chacun a évalué les deux échantillons une seule fois. Vingt d'entre eux ont reçu l'échantillon A (631) en premier, et les vingt autres l'échantillon B (228) en premier. Le bulletin à remplir quand l'échantillon A a été remis en premier est celui de la Figure 8.

On a fait le total du nombre des dégustateurs qui ont préféré chaque échantillon. Trente des quarante dégustateurs ont préféré l'échantillon B. D'après le Tableau 7.2 (Annexe 7) la probabilité pour $X = 30$ et $n = 40$ est de 0,002. Le résultat était donc significatif en termes statistiques et on en a conclu que le panel de dégustateurs amateurs préférait la purée de fèves B à la purée de fèves A.

Nom : _____

Date : _____

Goûtez les deux échantillons de purée de fèves en face de vous, en commençant par l'échantillon de gauche. Cerclez le numéro de l'échantillon que vous préférez. Vous devez choisir un échantillon. En cas de doute tirer au sort.

631 228

Fig. 8. Bulletin pour le test de préférence par paires d'échantillons de purée de fève.

7.1.2 Tests d'acceptation

Les tests d'acceptation servent à déterminer la mesure dans laquelle le consommateur accepte un produit. On peut se servir des échelles de catégories, des tests de classement par rang et des tests de comparaison par paires pour évaluer l'acceptation d'un produit. L'acceptation d'un produit alimentaire indique en général la consommation réelle de ce produit (achat et consommation).

Instructions générales pour réaliser un test d'acceptation en se servant du classement par rang.

Description de la tâche des dégustateurs : On demande aux dégustateurs de classer par rang des échantillons codés en fonction de l'acceptation en allant du moins acceptable au plus acceptable. En règle générale, on ne permet pas les égalités.

Présentation des échantillons : On présente trois échantillons ou plus dans des contenants identiques, codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Chaque échantillon a un numéro distinct. Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre prévu à l'avance ou au hasard, et ils ont droit de goûter plusieurs fois les échantillons. La Figure 9 donne un exemple du bulletin à remplir pour le classement par rang de l'acceptation.

Analyse des données : Aux fins de l'analyse des données, on fait le total des classements attribués à chaque échantillon. On procède ensuite à la détermination de la signification des différences en comparant les totaux des classements pour toutes les paires possibles des échantillons en se servant du test de Friedman. Les Tableaux 7.3 et 7.4 de l'Annexe 7 sont des tableaux élargis pour ce test appliqué à trois groupes de 100 dégustateurs et à trois groupes de 12 échantillons (Newell et MacFarlane (1987)). Les différences entre toutes les paires possibles des classements totalisés sont comparées à la valeur critique du tableau, pour un niveau de signification donné (5 % au Tableau 7.3 et 1 % au Tableau 7.4) et pour le nombre de dégustateurs et d'échantillons ayant

Nom : _____

Date : _____

Goûtez chacun des échantillons de fèves noires dans l'ordre indiqué ci-dessous. Donnez la cote 1 à l'échantillon dont la texture est la plus acceptable, la cote 2 à l'échantillon suivant le plus acceptable, et la cote 3 à l'échantillon le moins acceptable. Ne pas donner la même cote à deux échantillons.

Code	Classement par rang
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fig. 9. Bulletin pour le test de classement par rang d'acceptabilité de la texture des fèves.

participé au test. Si la différence entre les paires des totaux des classements est plus importante que la valeur critique calculée, les paires d'échantillons sont sensiblement différentes au niveau de signification choisi.

Exemple de test de classement par rang utilisé par un panel de dégustateurs amateurs pour déterminer l'acceptabilité de la texture des fèves.

On a préparé des échantillons de fèves cuites à partir de trois variétés de fèves noires. On s'est servi d'un test de classement par rang pour obtenir une indication de la texture la plus acceptable.

Un panel de 30 dégustateurs amateurs a été recruté au sein de l'institution. Les trois types d'échantillons ont été présentés en même temps à chaque dégustateur qui ne pouvait les évaluer qu'une fois. Les trois échantillons pouvaient être présentés dans six ordres possibles, comme on le voit au Tableau 4 (Section 7.2.1). Comme il y avait 30

dégustateurs, l'ordre de présentation des échantillons a été organisé afin que cinq dégustateurs reçoivent les échantillons dans chacun des six ordres possibles. Le bulletin servant au classement par rang de l'acceptabilité est celui de la Figure 9. On a demandé aux dégustateurs de classer la texture des échantillons en terme d'acceptabilité sans donner d'égalité, en donnant à chaque échantillon une cote différente même s'il semblait comparable. L'échantillon auquel on accordait la texture la plus acceptable se voyait donner la cote 1, le suivant la cote 2 et celui qui paraissait le moins acceptable la cote 3. Les cotes de classement données à chaque échantillon par les 30 dégustateurs ont été regroupées sous forme de tableau (Tableau 1).

Les différences entre les paires de totaux étaient les suivantes :

$C - A = 76 - 33 = 43$
$C - B = 76 - 71 = 5$
$B - A = 71 - 33 = 38$

La valeur critique calculée pour $p = 0,05$, pour 30 dégustateurs et trois échantillons est 19 d'après le Tableau 7.3. La texture cuite des variétés de fèves A et C était donc sensiblement différente et la texture cuite des variétés de fèves A et B était aussi sensiblement différente.

Le panel des dégustateurs amateurs a trouvé que la texture cuite des variétés de fèves noires B et C était moins acceptable que la texture cuite des fèves de variété A. Il n'y avait pas de différence d'acceptabilité de la texture entre les variétés B et C.

7.1.3 Tests hédoniques

Les tests hédoniques sont conçus pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit. On se sert d'échelles de catégories allant de «aime beaucoup» à «n'aime pas du tout» en passant par «neutre» avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation.

Tableau 1. Données du test de classement[1] par rang d'acceptation.

Dégustateur	Variétés de fèves noires		
	A	B	C
1	1	2	3
2	1	3	2
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	3	2
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	3	2
9	1	2	3
10	2	1	3
11	1	3	2
12	1	3	2
13	1	3	2
14	1	2	3
15	1	3	2
16	1	2	3
17	1	3	2
18	1	2	3
19	1	2	3
20	1	3	2
21	1	3	2
22	1	2	3
23	1	2	3
24	1	3	2
25	1	3	2
26	2	1	3
27	1	2	3
28	1	3	2
29	1	3	2
30	2	1	3
Total des cotes	33	71	76

[1] Cote la plus élevée = 1 = texture la plus acceptable, 3 = texture la moins acceptable.

Instructions générales pour l'administration d'un test hédonique en se servant d'une échelle à 9 niveaux.

Description de la tâche des dégustateurs : On demande aux dégustateurs d'évaluer des échantillons codés de plusieurs produits en indiquant leur degré d'appréciation sur une échelle à 9 niveaux. Pour cela,

ils indiquent une catégorie sur une échelle qui va de «aime beaucoup» à «n'aime pas du tout». Ils peuvent inscrire plus d'un échantillon dans chaque catégorie.

Présentation des échantillons : Les échantillons sont présentés dans des contenants identiques, codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Chaque échantillon doit avoir un numéro distinct. L'ordre des échantillons peut être fixé au hasard pour chaque dégustateur ou, si possible, prévu à l'avance. Quand l'ordre de présentation est prévu, chaque échantillon est servi à chaque position (premier, second, troisième, etc.) un nombre égal de fois. On trouve dans Stone et Sidel (1985) une bonne description des ordres de présentation avec des exemples de calcul pour 3, 4, 5 et 12 échantillons. Le Tableau 4 (Section 7.2.1) donne l'ordre de présentation prévu pour trois échantillons. Les échantillons peuvent être présentés simultanément ou un à la fois. Il vaut mieux les présenter tous en même temps, car cela facilite l'administration du test et permet aux dégustateurs de réévaluer les échantillons s'ils le souhaitent et de faire des comparaisons entre eux. On trouve à la Figure 10 un exemple de bulletin pour les tests hédoniques.

Analyse des données : Aux fins de l'analyse des données, les catégories sont converties en notations numériques allant de 1 à 9, où 1 correspond à «n'aime pas du tout» et 9 «aime beaucoup». Les notations de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableaux et analysées au moyen de l'Analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons. Avec l'Analyse de variance, la variance totale est répartie en variances affectées à des sources précises. La variance des moyennes entre les échantillons est comparée à celle au sein de l'échantillon (ainsi appelée l'erreur expérimentale aléatoire).[1] Si les échantillons ne sont pas différents, la variance des moyennes entre les échantillons sera comparable à l'erreur expérimentale. La variance

1. Puisque la variance totale au sein des échantillons provient de la fusion de variances individuelles au sein des échantillons, il en découle nécessairement que les variances réelles au sein des échantillons sont égales. Il existe des tests formels pour déterminer l'égalité des variances au sein des échantillons (Homogénéité de la variance).

imputable aux dégustateurs ou aux autres effets de blocage peut également être vérifiée par rapport à l'erreur expérimentale aléatoire.

La mesure de la variance totale pour le test est la somme des carrés totale ou SC(T). La variance mesurée entre les moyennes de l'échantillon est la somme des carrés des traitements ou SC(Tr). La mesure de la variance entre les moyennes des dégustateurs est la somme des carrés des dégustateurs ou SC(D). La somme des carrés des erreurs, SC(E), est la mesure de la variance imputable à l'erreur expérimentale ou aléatoire. Les carrés moyens (CM) pour le traitement, les dégustateurs et les erreurs sont calculés en divisant chaque SC par son degré de liberté (dl) respectif. On calcule ensuite le coefficient de CM(Tr) sur CM(E) et de CM(D) sur CM(E). C'est ce qu'on appelle les coefficients F ou les valeurs de F. Les F calculés sont ensuite comparés aux tableaux du coefficient F (Tableaux 7.5 et 7.6 de l'Annexe 7) pour déterminer s'il y a des différences significatives entre les traitements ou les moyennes des dégustateurs. Si le coefficient F calculé dépasse celui du Tableau pour le même degré de liberté, on a la preuve qu'il y a des différences significatives. Les Tableaux 7.5 et 7.6 donnent les coefficients F pour des niveaux de signification respectifs de 0,05 et 0,01.

Une fois qu'on a trouvé une différence significative, on peut procéder aux tests de comparaisons multiples pour déterminer quel traitement ou quelle moyenne de population diffère de l'autre. L'exemple suivant donne les détails des calculs d'analyse de variances.

Exemple d'un test hédonique utilisé par un panel de dégustateurs amateurs pour déterminer le degré d'appréciation de variétés de fèves.

On a réalisé un test hédonique pour déterminer le degré d'appréciation des dégustateurs pour cinq variétés (traitements) de fèves noires cuites en se servant de l'échelle à 9 catégories, illustrée à la Figure 10.

Les fèves ont été cuites, en étalant les périodes de cuisson, pour que les cinq échantillons soient prêts dix minutes avant le début du test.

Nom : _____

Date : _____

Veuillez examiner et goûter chaque échantillon de fèves noires dans l'ordre de gauche à droite, tel qu'indiqué sur le bulletin. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée en dessous du numéro de code de chaque échantillon.

Code ____	Code ____	Code ____	Code ____	Code ____
___aimé énormément	___aimé énormément	___aimé énormément	___aimé énormément	___aimé énormément
___aimé beaucoup	___aimé beaucoup	___aimé beaucoup	___aimé beaucoup	___aimé beaucoup
___aimé modérément	___aimé modérément	___aimé modérément	___aimé modérément	___aimé modérément
___aimé un peu	___aimé un peu	___aimé un peu	___aimé un peu	___aimé un peu
___indifférent	___indifférent	___indifférent	___indifférent	___indifférent
___pas aimé beaucoup	___pas aimé beaucoup	___pas aimé beaucoup	___pas aimé beaucoup	___pas aimé beaucoup
___pas aimé	___pas aimé	___pas aimé	___pas aimé	___pas aimé
___pas aimé du tout	___pas aimé du tout	___pas aimé du tout	___pas aimé du tout	___pas aimé du tout
___détesté	___détesté	___détesté	___détesté	___détesté
Commentaires :	Commentaires :	Commentaires :	Commentaires :	Commentaires :

Fig. 10. Bulletin pour le test hédonique sur les variétés de fèves en se servant d'une échelle à neuf niveaux.

Vingt-huit dégustateurs amateurs recrutés sur place ont évalué une fois les cinq échantillons. On a présenté simultanément à chaque dégustateur des échantillons de 10 g des cinq variétés de fèves dans des tasses en polystyrène avec couvercles. Cinq échantillons permettaient d'avoir 120 ordres différents de présentation possibles, mais avec uniquement 28 dégustateurs, il était impossible d'équilibrer un si grand nombre

Tableau 2. Résultats[1] par catégorie du test hédonique.

Dégustateurs[2]	Variétés de fèves noires (traitements) A	B	C	D	E	Dégustateur total	Dégustateur moyenne
1	2	6	8	6	4	26	5,2
2	1	7	9	4	4	25	5,0
3	1	6	6	3	2	18	3,6
4	2	6	6	5	4	23	4,6
5	2	6	8	4	3	23	4,6
6	4	7	7	4	2	24	4,8
7	3	5	8	5	3	24	4,8
Total traitement	15	43	52	31	22		
Grand total						163	
Moyenne traitement	2,1	6,1	7,4	4,4	3,1		

[1] Score le plus élevé = 9 = aime énormément. Score le moins élevé = 1 = déteste.
[2] Ne sont données et analysées que les réponses de 7 des 28 dégustateurs.

d'ordres de présentation. On a donc déterminé au hasard l'ordre de présentation à chaque dégustateur.

Après l'évaluation des cinq échantillons, on a converti les catégories descriptives en notations numériques. Les résultats ont été présentés sous forme de tableau et soumis à l'Analyse de variance. Ces résultats sous forme de tableau pour les sept premiers dégustateurs sont donnés au Tableau 2. L'Analyse de variance qui suit a été faite en se servant uniquement des résultats de ces sept dégustateurs.

Pour l'Analyse de variance (ANOVA), on a procédé au calcul suivant où N est le nombre total de réponses individuelles et Σ la somme de :

Facteur de correction :

$$FC = \frac{\text{Grand total}^2}{N}$$

$$= \frac{163^2}{35}$$

$$= 759{,}1$$

Somme totale des carrés :

$$SC(T) = \Sigma \text{ (réponse de chaque individu}^2) - FC$$

$$= (2^2 + 1^2 + 1^2 + \ldots + 2^2 + 3^2) - 759{,}1$$

$$= 917 - 759{,}1$$

$$= 157{,}9$$

Somme des carrés des traitements :

$$SC(Tr) = \frac{\Sigma \text{ (total de chaque traitement}^2)}{\text{nombre de réponses par traitement}} - FC$$

$$= \frac{15^2 + 43^2 + 52^2 + 31^2 + 22^2}{7} - 759{,}1$$

$$= \frac{6\,223}{7} - 759{,}1$$

$$= 889 - 759{,}1$$

$$= 129{,}9$$

Somme des carrés des dégustateurs :

$$SC(D) = \frac{\Sigma \text{ (total de chaque dégustateur}^2)}{\text{nombre de réponses par dégustateur}} - FC$$

$$= \frac{26^2 + 25^2 + 18^2 + 23^2 + 23^2 + 24^2 + 24^2}{5} - 759{,}1$$

$$= \frac{3\,835}{5} - 759{,}1 = 767 - 759{,}1$$

$$= 7{,}9$$

Somme des carrés des erreurs :

$$SC\,(E) = SC\,(T) - SC(Tr) - SC(D)$$
$$= 157{,}9 - 129{,}9 - 7{,}9$$
$$= 20{,}1$$

Les carrés moyens (*CM*) ont été calculés en divisant les valeurs de *SC* par leurs degrés respectifs de liberté comme suit :

Degrés de liberté totaux, dl(T) = Le nombre total de réponses – 1
= N – 1
= 35 – 1
= 34

Degrés de liberté des traitements, dl(Tr) = Le nombre de traitements – 1
= 5 – 1
= 4

Degrés de liberté des dégustateurs, dl(D) = Le nombre de dégustateurs – 1
= 7 – 1
= 6

Degrés de liberté des erreurs, dl(E) = dl(T) – dl(Tr) – dl(D)
= 34 – 4 – 6
= 24

Carré moyen des traitements, *CM* (Tr) = *SC* (Tr) / dl(Tr)
$= \frac{129{,}9}{4} = 32{,}48$

Carré moyen des dégustateurs, *CM* (D) = *SC* (D) / dl(D)
$= \frac{7{,}9}{6} = 1{,}32$

Carré moyen des erreurs, *CM* (E) = *SC* (E) / dl(E)
$= \frac{20{,}1}{24} = 0{,}84$

On a calculé les coefficients F pour les traitements et les dégustateurs en divisant les valeurs respectives de *CM* par le *CM* de l'erreur. Les coefficients F du tableau ont été obtenus à partir des tableaux statistiques de la distribution de F (Annexe 7, Tableau 7.5). C'est ainsi que le coefficient F pour les traitements à 4 degrés de liberté (dl) au numérateur et 24 dl au dénominateur, pour $p \leq 0,05$ est 2,78. Le coefficient F pour les dégustateurs avec 6 dl au numérateur et 24 dl au dénominateur pour $p \leq 0,05$ est 2,51. Les coefficients F calculés doivent dépasser ces valeurs des coefficients F du tableau afin qu'on les considère significatifs au niveau de 5 %.

Le Tableau 3 d'Analyse de variance ci-dessous résume les résultats obtenus pour la somme des carrés, les carrés moyens, les degrés de liberté et les coefficients F.

Comme le coefficient F de 38,67 calculé pour le traitement dépasse le coefficient F du tableau de 2,78, on a conclu qu'il y a une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les moyennes des résultats hédoniques pour les cinq variétés de fèves. Le coefficient F de 1,57 calculé pour les dégustateurs ne dépasse toutefois pas le coefficient F de 2,51 du tableau. Il n'y avait donc pas d'effet significatif imputable aux dégustateurs.

L'Analyse de variance a indiqué qu'il y avait des différences significatives entre les cinq variétés de fèves. Afin de déterminer quels échantillons de fèves diffèrent sensiblement les uns des autres, on a procédé à un test de comparaisons multiples, le Nouveau test de comparaisons multiples de Duncan, et on s'est servi des Tableaux 7.7 et 7.8 de l'Annexe 7. Ce test compare les différences entre toutes les

Tableau 3. Analyse de variance pour le test hédonique.

Source de la variation	dl	SC	MC	Coefficient F	
				Calculé	Tableau ($p \leq 0,05$)
Total (T)	34	157,9			
Traitement (Tr)	4	129,9	32,48	38,67	2,78
Dégustateurs (D)	6	7,9	1,32	1,57	2,51
Erreur (E)	24	20,1	0,84		

paires de moyennes pour calculer les valeurs des écarts de chaque paire. Si la différence entre les paires de moyennes est plus importante que la valeur de l'écart calculé, la différence entre les moyennes est significative au niveau de signification donné. Les valeurs des écarts sont calculées d'après le nombre de moyennes qui se trouve entre les deux moyennes testées, quand les moyennes sont placées par ordre de taille.

Pour procéder au calcul du test de Duncan, les moyennes des traitements ont été placées par ordre décroissant comme ci-dessous.

Variétés de fèves noires	C	B	D	E	A
Moyennes des traitements	7,4	6,1	4,4	3,1	2,1

Pour comparer les 5 moyennes de cet exemple, on a calculé la valeur des écarts pour une gamme de 5, 4, 3 et 2 moyennes avec l'équation suivante :

$$\text{Écart} = Q \sqrt{\frac{CM\,(E)}{t}}$$

La valeur de CM(E), qui provient du tableau d'Analyse de variance (Tableau 3), était de 0,84. Le t correspond au nombre de réponses individuelles ayant servi à calculer chaque moyenne; dans cet exemple, t = 7.

$$\text{Écart} = Q \sqrt{\frac{0,84}{7}} = Q\,(0,346)$$

On a obtenu les valeurs de Q à partir du Tableau 7.7 (Annexe 7) pour le même niveau de signification qu'on a utilisé dans l'Analyse de variance soit $p \leq 0,05$. On a aussi besoin de dl(E), soit de 24, pour calculer les valeurs de Q. Le Tableau 7.7 donne pour un degré de liberté de 24 :

Valeur de Q pour 5 moyennes = 3,226
Valeur de Q pour 4 moyennes = 3,160
Valeur de Q pour 3 moyennes = 3,066
Valeur de Q pour 2 moyennes = 2,919

On a pu alors calculer la valeur des écarts.

Écart = Q (0,346)

Écart pour 5 moyennes	= 3,226 (0,346)	= 1,12
Écart pour 4 moyennes	= 3,160 (0,346)	= 1,09
Écart pour 3 moyennes	= 3,066 (0,346)	= 1,06
Écart pour 2 moyennes	= 2,919 (0,346)	= 1,01

On a appliqué la valeur de l'écart des cinq moyennes aux moyennes ayant les plus grandes différences entre elles, 7,4 et 2,1, puisque ces valeurs couvrent l'écart des 5 moyennes. La différence, 5,3, était supérieure à 1,12. La différence entre ces deux moyennes était donc significative.

La comparaison suivante a porté sur les moyennes de 7,4 et de 3,1 en se servant de la valeur de l'écart de 4 moyennes (1,09). L'écart entre ces moyennes (4,3) étant supérieur à 1,09, la différence était donc également significative.

La comparaison sur trois moyennes a porté sur les moyennes 7,4 et 4,4.

$$7{,}4 - 4{,}4 = 3{,}0 > 1{,}06$$

La comparaison sur deux moyennes a porté sur les moyennes 7,4 et 6,1.

$$7{,}4 - 6{,}1 = 1{,}3 > 1{,}01$$

La moyenne suivante la plus élevée a ensuite été comparée avec la moyenne la plus faible et la différence a été comparée à la valeur de l'écart pour les 4 moyennes.

$$6{,}1 - 2{,}1 = 4{,}0 > 1{,}09$$

On a procédé de la façon indiquée ci-dessous jusqu'à ce qu'on ait fait les comparaisons entre toutes les moyennes.

$6{,}1 - 3{,}1 = 3{,}0 > 1{,}06$
$6{,}1 - 4{,}4 = 1{,}7 > 1{,}01$
$4{,}4 - 2{,}1 = 2{,}3 > 1{,}06$
$4{,}4 - 3{,}1 = 1{,}3 > 1{,}01$
$3{,}1 - 2{,}1 = 1{,}0 < 1{,}01$

Les différences significatives entre les moyennes ont été présentées en se servant de lettres. Les moyennes suivies de lettres différentes différaient significativement au niveau de probabilité de 5 %.

Variétés de fèves noires	C	B	D	E	A
Moyennes des traitements	7,4a	6,1b	4,4c	3,1d	2,1d

Les dégustateurs ont préféré de façon significative, à tous les autres échantillons, ceux de la variété C; il en fut de même pour la variété B par rapport aux variétés D, E et A; de la variété D par rapport aux variétés E et A, et ils ont aimé de la même façon les variétés E et A.

7.2 TESTS AXÉS SUR LE PRODUIT

Les tests axés sur le produit dont on se sert couramment dans les laboratoires pour l'analyse sensorielle des produits alimentaires comprennent l'étude de la différence, le classement par rang de l'intensité, l'attribution des cotes d'intensité et les analyses descriptives. On procède toujours à ces tests avec un panel de dégustateurs experts en laboratoire. Les exemples de tests axés sur le produit donnés dans ce manuel sont un test triangulaire sur les différences, un test de classement par rang de l'intensité et un test de notation de l'intensité.

7.2.1 Tests de différence

Les tests destinés à évaluer les différences sont conçus pour déterminer s'il est possible de distinguer deux échantillons l'un de l'autre au moyen de l'analyse sensorielle. Ces tests peuvent servir à déterminer s'il y a eu une modification perceptible de l'apparence, de la saveur ou de la texture d'un aliment à la suite de l'entreposage, d'un changement des méthodes de préparation ou de la modification d'un ingrédient.

Le test triangulaire est une forme de test de différence dont on se sert couramment pour déterminer s'il y a des différences perceptibles entre deux échantillons. Ce test n'indique toutefois pas l'ampleur et la direction des différences entre ces deux échantillons. Ce test s'utilise aussi pour déterminer l'aptitude des dégustateurs à distinguer entre des différences d'apparence, d'odeur, de saveur ou de texture des aliments. Si le test ne porte que sur les différences concernant une caractéristique, toutes les autres caractéristiques des échantillons doivent être identiques. On peut se servir d'autres tests pour parvenir au même résultat comme les tests de comparaison par paires ou les tests duo-trio.

Le test de comparaison par paires est comparable au test de préférence par paires décrit à la Section 7.1.1, si ce n'est qu'on demande aux dégustateurs lequel de deux échantillons a l'intensité la plus marquée pour une caractéristique donnée. Par exemple, on demande aux dégustateurs «quel échantillon est le plus sucré?» ou «quel échantillon est le plus tendre?». Ce test permet d'identifier l'échantillon le plus sucré ou le plus tendre, mais non de quantifier la différence.

Dans un test duo-trio, on présente aux dégustateurs trois échantillons. Un des échantillons porte l'étiquette R pour référence alors que les deux autres sont codés avec un numéro aléatoire à 3 chiffres. L'un des échantillons codés est identique à l'échantillon de référence (R) et l'autre ne l'est pas. On demande aux dégustateurs de goûter R en premier, puis les échantillons codés et de dire lequel des deux échantillons codés est le même que R (ou différent de R). Le test duo-trio indique

la différence, mais non pas le sens ou l'importance de la différence entre les échantillons.

Nous ne verrons pas en détail ces deux tests. Pour avoir de plus amples détails sur la façon de les administrer et d'en analyser les données, reportez-vous à O'Mahoney (1986), Stone et Sidel (1985), Gacula et Singh (1984), Larmond (1977) et ASTM Committee E-18 (1968).

Instructions générales pour identifier une différence à l'aide d'un test triangulaire

Description de la tâche des dégustateurs : On présente aux dégustateurs trois échantillons codés, deux identiques et un différent, et on leur demande d'identifier l'échantillon différent. Ils doivent choisir un échantillon, même s'ils ne peuvent pas distinguer de différence entre les échantillons (c'est-à-dire qu'ils doivent choisir au hasard en cas de doute).

Présentation des échantillons : Les deux échantillons distincts (A et B) sont présentés aux dégustateurs par groupes de trois, c'est-à-dire qu'ils reçoivent soit deux échantillons A et un B ou deux échantillons B et un A. Les trois échantillons sont présentés dans des contenants identiques codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Les trois numéros de codes des échantillons remis à chaque dégustateur doivent être différents, même si deux échantillons sont identiques.

Il y a six possibilités d'ordre de présentation avec le test triangulaire et ils sont indiqués au Tableau 4. On doit se servir de chaque ordre de présentation un nombre égal de fois, pour équilibrer l'ordre de présentation. Cela n'est possible que s'il y a six dégustateurs ou un multiple de six. Dans les autres cas, l'ordre de présentation peut être fait au hasard afin que chaque dégustateur ait une chance égale de se voir attribuer n'importe laquelle des six combinaisons possibles.

Tableau 4. Six ordres possibles pour servir les échantillons dans un test triangulaire.

Numéro du dégustateur	Ordre de présentation des échantillons		
	Premier	Second	Troisième
1	256 (A)	831 (A)	349 (B)
2	256 (A)	349 (B)	831 (A)
3	670 (B)	256 (A)	831 (A)
4	349 (B)	670 (B)	256 (A)
5	349 (B)	256 (A)	670 (B)
6	831 (A)	349 (B)	670 (B)

Les échantillons sont présentés tous ensemble à chaque dégustateur dans l'ordre retenu afin qu'ils puissent évaluer les échantillons de la gauche vers la droite. Ils peuvent les goûter plusieurs fois. La Figure 11 illustre un bulletin préparé pour un test triangulaire. Il faut indiquer sur les bulletins l'ordre dans lequel les dégustateurs doivent évaluer les échantillons.

Nom : _____

Date : _____

On vous a remis trois échantillons de fèves. Deux sont identiques et un différent.

Goûtez les échantillons énumérés ci-dessous et inscrivez un crochet à côté du numéro de code de l'échantillon différent.

Code	L'échantillon différent est :
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fig. 11. Bulletin du test triangulaire sur le traitement avant entreposage des fèves.

Tableau 5. Résultats du test triangulaire.

Dégustateur	Résultat	Dégustateur	Résultat
1	+	19	–
2	–	20	–
3	–	21	+
4	+	22	–
5	+	23	+
6	+	24	+
7	–	25	+
8	+	26	+
9	–	27	–
10	–	28	+
11	+	29	–
12	–	30	–
13	–	31	+
14	+	32	+
15	–	33	–
16	+	34	+
17	–	35	+
18	+	36	+

Total des bonnes réponses (+) = 20

Analyse des données : On analyse la signification des résultats à l'aide d'un test binômial à une queue. Ce test convient puisqu'on sait qu'il y a un échantillon qui est différent et qu'il n'y a donc qu'une réponse «correcte». Si on s'est servi, à la Section 7.1.1, du test binômial à deux queues pour analyser les données sur la préférence par paires, c'est que les dégustateurs pouvaient préférer n'importe lequel des deux échantillons, c'est-à-dire qu'il y avait deux réponses «correctes» possibles. Le test triangulaire diffère également du test par paires en ce sens que la probabilité de choisir le bon échantillon au hasard est de 1/3. Avec les tests par paires, cette probabilité est de 1/2. Le tableau dont on se sert pour le test triangulaire (Tableau 7.9) n'est donc pas le même que celui pour les tests par paires (Tableau 7.2).

Dans le test triangulaire, on totalise le nombre de dégustateurs ayant identifié l'échantillon différent et on vérifie la signification du total en se servant du Tableau 7.9 (Annexe 7). Dans ce tableau, X représente le nombre de dégustateurs qui choisissent l'échantillon différent et n représente le nombre total de dégustateurs participant au test. Le tableau

donne des probabilités à 3 décimales pour certaines combinaisons de X et de n. Dans le Tableau 7.9, la virgule décimale a été omise faute d'espace et il faut donc lire 868 comme étant 0,868. C'est ainsi que si 9 dégustateurs sur 17 ont identifié l'échantillon différent, la probabilité, d'après le Tableau 7.9 ($X = 9$, $n = 17$), est de 0,075. Comme on estime en général qu'il faut une probabilité égale ou inférieure à 0,05 pour que la différence soit significative, on conclurait dans ce cas qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons. La fiabilité et la sensibilité de ce type de test sur la différence sont améliorées si on augmente le nombre de dégustateurs.

Exemple du test triangulaire administré à un panel de dégustateurs experts pour déceler la différence entre des échantillons traités et non traités.

On a procédé à un test triangulaire pour déterminer si des fèves noires qui avaient été traitées à la chaleur avant entreposage étaient sensiblement différentes des fèves non traitées, après que les deux aient été entreposées dans les mêmes conditions pendant six mois. Chaque échantillon de fèves a été cuit à point en suivant une procédure standard.

Un panel de 36 dégustateurs recrutés sur place a évalué les échantillons de fèves cuites. On a présenté simultanément à chaque dégustateur trois échantillons. Les six ordres de présentation indiqués au Tableau 4 ont été utilisés pour six dégustateurs. On a choisi ensuite les échantillons correctement codés pour chaque dégustateur et on les lui a remis avec un bulletin indiquant les numéros de codes dans l'ordre de la dégustation. Le bulletin utilisé apparaît à la Figure 11.

Quand tous les dégustateurs ont eu fini le test, on a indiqué la bonne réponse avec un (+) quand ils avaient bien identifié l'échantillon distinct ou avec un (-) dans le cas de mauvaises réponses. Les résultats ont été présentés sous forme de tableau (Tableau 5). Au moyen du Tableau statistique 7.9 (Annexe 7), on a comparé le nombre total de dégustateurs ayant de bonnes réponses (X) au nombre total de dégustateurs (n) et déterminé le niveau de signification.

Le Tableau 7.9 de l'Annexe 7 indique que pour un ensemble de 36 dégustateurs et 20 bonnes réponses, le niveau de signification est de 0,005.

On en a conclu que la différence entre les échantillons était significative au niveau de probabilité de 0,005, puisque 20 des 36 dégustateurs avaient bien choisi l'échantillon différent. Après six mois d'entreposage, les fèves qui avaient reçu un traitement avant entreposage étaient donc bien différentes des fèves qui n'en avaient pas reçu. On ignorait toutefois l'importance et le type de différence.

7.2.2 Classement par rang pour les tests d'intensité

Les tests de classement par rang de l'intensité supposent que les dégustateurs classent les échantillons d'après l'intensité perçue d'une caractéristique sensorielle. Ce type de test peut servir à obtenir des renseignements préliminaires sur des différences entre les produits ou à dépister les dégustateurs qui font preuve d'aptitudes à distinguer les différences entre des échantillons dont on connaît les différences. Ces tests peuvent indiquer s'il y a des différences perceptibles d'intensité pour un attribut dans plusieurs échantillons, mais le classement par rang ne donne pas de renseignements sur l'ampleur de la différence entre deux échantillons. Il pourrait ainsi n'y avoir qu'une petite différence entre les échantillons classés 1 et 2, tout en étant perceptible en intensité alors que l'écart entre les échantillons classés 2 et 3 pourrait être beaucoup plus important. Le simple classement par rang n'indique pas ce genre de renseignement.

Instructions générales pour l'administration d'un test de classement par rang de l'intensité.

Description de la tâche des dégustateurs : On demande à des dégustateurs experts de classer des échantillons codés en fonction de l'intensité d'une caractéristique donnée, en classant les échantillons par

ordre décroissant pour l'intensité de cette caractéristique. En règle générale, on ne permet pas les égalités.

Présentation des échantillons : On présente aux dégustateurs trois échantillons ou plus dans des contenants identiques, codés au moyen d'un numéro aléatoire à 3 chiffres. Chaque échantillon a un numéro de code différent. Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre qui a été prévu ou choisi au hasard. Les dégustateurs ont le droit de goûter aussi souvent que nécessaire les échantillons pour établir les comparaisons nécessaires entre eux. La Figure 12 donne un exemple de bulletin pour le classement par rang de l'intensité.

Nom : _____

Date : _____

Veuillez évaluer la résistance du tégument des fèves cuites pour chaque échantillon. Séparez le tégument du cotylédon en mordant la fève (2 fèves) entre les molaires et extirpez le cotylédon en le frottant entre la langue et le palais. Évaluez ensuite la force nécessaire pour percer le tégument avec les dents de devant.

Faites l'évaluation des échantillons dans l'ordre suivant, du haut vers le bas, puis mettez les échantillons dans l'ordre de la résistance du tégument. Attribuez à l'échantillon ayant le tégument le plus résistant une cote de 1, puis de 2 et de 3 aux suivants et, enfin, de 4 à l'échantillon ayant le tégument le moins résistant.

Code	Rang attribué
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fig. 12. Bulletin pour le test de classement par rang de la résistance du tégument des fèves.

Analyse des données : Quand tous les dégustateurs ont classé les échantillons, on fait le total des classements attribués à chaque échantillon. On vérifie alors si les différences sont significatives en comparant les totaux de classement entre toutes les paires possibles d'échantillons au moyen du test de Friedman et des Tableaux statistiques 7.3 et 7.4 de l'Annexe 7. On a déjà utilisé cette méthode d'analyse pour le classement des données sur l'acceptabilité à la Section 7.1.2. On se reportera à cet exemple au besoin.

Exemple de test de classement par rang administré à un panel de dégustateurs experts pour comparer la résistance du tégument des fèves.

On a procédé à un test de classement par rang pour comparer la résistance du tégument des fèves qui avaient été entreposées dans quatre conditions de température et d'humidité différentes pendant trois mois. Dix dégustateurs, formés à l'évaluation de la résistance du tégument des fèves (Annexe 4) ont participé à ce test. Les quatre échantillons codés de fèves ont été remis simultanément à chaque dégustateur. Ils devaient évaluer les échantillons une seule fois. On leur a demandé de ne pas inscrire d'égalité et de donner à chaque échantillon un classement différent, même si les produits semblaient comparables. L'échantillon avec le tégument le plus résistant se voyait accorder la cote 1, alors que l'échantillon avec le moins résistant avait la cote 4. Le bulletin utilisé est celui présenté à la Figure 12.

Les classements par rang obtenus pour chaque échantillon ont été présentés sous forme de tableau et totalisés au Tableau 6. Les différences entre les totaux de classement par paires étaient les suivantes :

D – A = 36 – 18 = 18
D – B = 36 – 26 = 10
D – C = 36 – 20 = 16
C – A = 20 – 18 = 2
B – C = 26 – 20 = 6
B – A = 26 – 18 = 8

Tableau 6. Classement par rang[1] des données du test d'intensité.

Dégustateur	Traitement à l'entreposage			
	A	B	C	D
1	1	3	2	4
2	1	2	3	4
3	2	3	1	4
4	3	1	2	4
5	1	3	2	4
6	3	1	2	4
7	2	4	1	3
8	1	2	3	4
9	3	4	2	1
10	1	3	2	4
Total du classement par rang	18	26	20	36

[1] Rang le plus faible = 1 = tégument le plus résistant.

La valeur critique du tableau pour $p \leq 0{,}05$ (10 dégustateurs et 4 échantillons) est de 15 d'après le Tableau 7.3. Seules les différences entre les échantillons D et A et D et C sont significatives (c.-à-d., supérieures à 15).

On en conclut que le tégument des échantillons de fèves entreposés dans les conditions D n'était pas aussi dur que celui des échantillons entreposés dans les conditions A et C.

7.2.3 Notation pour les tests d'intensité

Au cours des tests de notation pour les mesures d'intensité, les dégustateurs doivent noter les échantillons, sur des échelles linéaires ou des échelles de catégories, d'après l'intensité perçue d'une caractéristique sensorielle. Les tests de notation mesurent l'importance de la différence entre les échantillons et permettent de classer ceux-ci par ordre croissant ou décroissant d'intensité d'une caractéristique.

Instructions générales pour l'administration d'un test de notation d'intensité.

Description de la tâche des dégustateurs : Les dégustateurs notent l'intensité perçue d'une caractéristique donnée de chaque échantillon codé sur une échelle d'intervalles allant d'une faible intensité à une forte intensité.

Présentation des échantillons : Les échantillons sont présentés dans des contenants identiques, codés avec un numéro aléatoire à 3 chiffres. Chaque échantillon a un numéro distinct. Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre prévu ou choisi au hasard. On leur demande d'évaluer chaque échantillon de façon indépendante. Afin de minimiser les comparaisons entre les échantillons, l'expérimentateur peut présenter les échantillons un par un à chaque dégustateur, retirant chaque échantillon après la dégustation et avant de remettre l'échantillon suivant. On leur demande dans tous les cas d'évaluer chaque échantillon et d'indiquer l'intensité de la caractéristique analysée en indiquant la catégorie qu'il convient ou en inscrivant une marque verticale sur une échelle linéaire. On trouvera une illustration d'une échelle de catégories servant à la notation d'intensité à la Figure 7 de la Section 6.1.3.

Analyse des données : Aux fins de l'analyse des données d'une échelle de catégories, les catégories sont converties en notations numériques en attribuant des nombres successifs à chaque catégorie. En règle générale, on attribue le chiffre 1 à la catégorie ayant la plus faible intensité. Pour l'analyse des résultats inscrits sur une échelle linéaire, les marques des dégustateurs sont converties en notes en mesurant la distance en centimètres de l'extrémité gauche de l'échelle ou du point à plus faible intensité et en les convertissant en notes au moyen de l'échelle de 1 unité pour 0,5 cm. Les notes de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableau et analysées au moyen de l'Analyse de variance afin de déterminer s'il y a des différences significatives entre les échantillons. On peut avoir recours au test des comparaisons multiples pour déterminer si les échantillons diffèrent les uns des autres.

On procède généralement à plusieurs répétitions de l'ensemble du test de notation pour obtenir plusieurs ensembles de données. Cela permet de procéder à une mesure précise de l'erreur expérimentale. L'expérimentateur peut également ainsi évaluer la performance du panel en examinant les résultats de chaque répétition afin de voir s'il y a des différences significatives entre les moyennes de chacune d'elles.

Exemple de notation sur une échelle linéaire par un panel de dégustateurs experts pour déterminer la dureté des fèves.

Un test de notation a été utilisé pour comparer la dureté des fèves cuites avec cinq temps de cuisson différents. Les échantillons d'une variété de fèves noires ont été cuits pendant 30, 50, 70, 90 et 110 minutes. Les temps de cuisson ont été étalés afin que les fèves soient cuites au même moment.

On a eu recours pour cette expérience à sept dégustateurs qui avaient été formés à l'évaluation de la texture des fèves. Les cinq échantillons de fèves ont été présentés simultanément à chaque dégustateur, à chaque séance, dans un ordre entièrement choisi au hasard. L'expérience a été répétée deux fois en se servant d'un numéro de code différent à chaque occasion. Il y a donc eu trois tests. Le bulletin servant à la notation, avec des échelles linéaires de 15 cm, est celui de la Figure 13. Les dégustateurs notaient les échantillons en inscrivant une marque verticale au point approprié sur chaque échelle linéaire.

On a obtenu les notes en mesurant la distance à partir de l'extrémité gauche de l'échelle jusqu'à la marque en unités de 0,5 cm. Une distance de 10 cm donnait donc une note de 20. Les données ont été présentées sous forme de tableau (Tableau 7) et analysées au moyen d'une Analyse de variance à deux dimensions. On a fait la distinction entre les effets des traitements (échantillons), des dégustateurs, des expériences et des interactions. L'analyse utilisée est comparable à celle qui a servi pour le test hédonique. On se reportera donc au besoin à cet exemple pour les détails sur l'Analyse de variance (Section 7.1.3).

Nom : _____

Date : _____

Évaluez la dureté des 5 échantillons de fèves dans l'ordre indiqué sur le bulletin, du haut vers le bas. Mordez l'échantillon une fois avec les molaires (2 fèves). La dureté est fonction de la force nécessaire pour pénétrer l'échantillon. Inscrivez une ligne verticale sur l'échelle linéaire horizontale à l'endroit qui correspond à la dureté de l'échantillon de fève.

Code

_____ mou — dur

_____ mou — dur

_____ mou — dur

_____ mou — dur

Fig. 13. Bulletin de réponse pour le test de notation de la dureté des fèves en se servant d'une échelle linéaire. (La longueur de l'échelle linéaire devrait être de 15 cm)

On a procédé aux calculs suivants pour l'Analyse de variance :

Facteur de correction :

$$FC = \frac{1\,106^2}{105}$$

$$= 11\,649{,}87$$

Tableau 7. Présentation des notes du test de dureté[1].

Dégustateur	Temps de cuisson (min) A (30) Expérience 1	2	3	B (50) Expérience 1	2	3	C (70) Expérience 1	2	3	D (90) Expérience 1	2	3	E (110) Expérience 1	2	3	Totaux
1	20	24	21	15	19	15	12	18	17	8	12	11	18	16	13	239
2	18	21	22	12	14	8	6	6	8	9	6	9	3	4	6	152
3	13	19	16	6	10	7	5	5	4	5	3	2	5	3	4	107
4	19	10	15	13	6	10	8	5	3	6	4	7	5	3	4	118
5	19	18	24	4	13	9	2	10	7	7	2	7	4	6	12	144
6	20	23	19	17	20	18	8	8	15	5	18	10	14	7	7	209
7	20	16	19	11	13	6	8	6	4	6	6	5	4	4	9	137
Total du traitement par expérience	129	131	136	78	95	73	49	58	58	46	51	51	53	43	55	1106
Total du traitement	A = 396			B = 246			C = 165			D = 148			E = 151			
Moyenne	(18,9)			(11,7)			(7,9)			(7,0)			(7,2)			
Total de l'expérience[2]				Exp. 1 = 355				Exp. 2 = 378					Exp. 3 = 373			
Moyenne				(10,1)				(10,8)					(10,7)			

[1] Note la plus élevée = 30 = dur.

[2] Les totaux des expériences correspondent à ceux de chaque expérience pour l'ensemble des traitements.

Somme des carrés totale :

$$SC\,(T) = (20^2 + 24^2 + \ldots + 4^2 + 9^2) - 11\,649{,}87$$
$$= 15\,522 - 11\,649{,}87$$
$$= 3\,872{,}13$$

Somme des carrés des traitements :

$$SC\,(Tr) = \frac{396^2 + 246^2 + 165^2 + 148^2 + 151^2}{21} - 11\,649{,}87$$

$$= 13\,774{,}38 - 11\,649{,}87$$
$$= 2\,124{,}51$$

Somme des carrés des dégustateurs :

$$SC\,(\mathrm{D}) = \frac{239^2 + 152^2 + \ldots + 137^2}{15} - 11\,649{,}87$$
$$= 12\,585{,}60 - 11\,649{,}87$$
$$= 935{,}73$$

Somme des carrés de l'expérience :

$$SC\,(\mathrm{R}) = \frac{\Sigma\,(\text{total au carré de chaque expérience}^2)}{\text{total du nombre de réponses dans chaque expérience}} - \mathrm{FC}$$
$$= \frac{355^2 + 378^2 + 373^2}{35} - 11\,649{,}87$$
$$= 11\,658{,}23 - 11\,649{,}87$$
$$= 8{,}36$$

Somme des carrés des erreurs :

$$SC\,(\mathrm{E}) = SC\,(\mathrm{T}) - SC\,(\mathrm{Tr}) - SC\,(\mathrm{D}) - SC\,(\mathrm{R})$$
$$= 3\,872{,}13 - 2\,124{,}51 - 935{,}73 - 8{,}36$$
$$= 803{,}53$$

Les valeurs du carré moyen (*CM*) ont été calculées en divisant les valeurs de *SC* par leurs degrés respectifs de liberté. Les degrés de liberté (dl) étaient les suivants :

Degrés de liberté du total, dl(T)	= 105 – 1	= 104
Degrés de liberté du traitement, dl(Tr)	= 5 – 1	= 4
Degrés de liberté des dégustateurs, dl(D)	= 7 – 1	= 6
Degrés de liberté de l'expérience, dl(R)	= 3 – 1	= 2

Degrés de liberté des erreurs, dl(E) = dl(T) – dl(Tr) – dl(D) – dl(R)
= 104 – 4 – 6 – 2
= 92

On a calculé les carrés moyens comme suit :

$$CM\,(\mathrm{Tr}) = \frac{2\,124{,}51}{4}$$
$$= 531{,}13$$

$$CM\,(\mathrm{D}) = \frac{935{,}73}{6}$$
$$= 155{,}96$$

$$CM\,(\mathrm{R}) = \frac{8{,}36}{2}$$
$$= 4{,}18$$

$$CM\,(\mathrm{E}) = \frac{803{,}53}{92}$$
$$= 8{,}73$$

On a calculé les coefficients F en divisant le CM pour les dégustateurs par le CM pour l'erreur, le CM des traitements par le CM de l'erreur et le CM de l'expérience par le CM de l'erreur. On a obtenu les coefficients F du tableau à partir des Tableaux statistiques 7.5 et 7.6 de l'Annexe 7 sur la distribution de F. Comme les degrés de liberté réels de l'erreur (92) n'apparaissent pas dans le tableau, les valeurs de F ont été extrapolées pour 92 à partir de celles données. Dans cet exemple, on a comparé les coefficients aux valeurs du tableau de F pour un niveau de signification de 1 % ($p \leq 0{,}01$), Tableau 7.6. Les coefficients F pour les principaux effets des dégustateurs, des traitements et des expériences sont indiqués au Tableau 8. Les coefficients F calculés pour les traitements et les dégustateurs étaient beaucoup plus élevés que les coefficients F du tableau, indiquant qu'il y a un effet significatif très marqué à la fois des traitements et des dégustateurs. L'effet de la répétition de l'expérience n'était pas significatif.

Tableau 8. Analyse de variance des notes du Tableau 1 pour le test de dureté.

Source de la variation	dl	SC	CM	F Calculé	F Tableau ($p \leq 0,01$)
Total	104	3 872,13			
Traitements	4	2 124,51	531,13	60,84	3,56
Dégustateurs	6	935,73	155,96	17,86	3,03
Expériences	2	8,36	4,18	0,48	4,88
Erreur	92	803,53	8,73		

Tableau 9. Données de la matrice du total des traitements pour chaque dégustateur.

	Temps de cuisson (min)				
Dégustateurs	A (30)	B (50)	C (70)	D (90)	E (110)
1	65	49	47	31	47
2	61	34	20	24	13
3	48	23	14	10	12
4	44	29	16	17	12
5	61	26	19	16	22
6	62	55	31	33	28
7	55	30	18	17	17

L'effet significatif des dégustateurs pourrait signifier qu'ils ont noté les échantillons dans le même ordre, mais que certains dégustateurs se sont servis de sections différentes de l'échelle. Les notes réelles attribuées aux échantillons varient donc. Comme les effets des dégustateurs et des traitements avaient des différences significatives importantes, il est possible que certaines de ces différences soient dues à une interaction. Une interaction importante signifierait que les dégustateurs n'ont pas tous noté les échantillons dans le même ordre. Afin d'analyser plus à fond cette interaction, il a été nécessaire de calculer la somme des carrés pour l'interaction entre les dégustateurs et les traitements. On a fait le total des données du tableau de départ (Tableau 7) pour obtenir le total du traitement pour chaque dégustateur, combiné pour les trois expériences. Les données obtenues sont celles du Tableau 9.

On a procédé au calcul de l'interaction du traitement par dégustateur de la façon suivante :

Matrice du traitement x dégustateur, somme des carrés totale :

$$SCT\,(\text{TrxD}) = \frac{\Sigma\ (\text{traitement total pour chaque dégustateur}^2)}{\text{nombre d'expériences}} - FC$$

$$= \frac{65^2 + 61^2 + \ldots + 28^2 + 17^2}{3} - 11\,649{,}87$$

$$= 14\,931{,}33 - 11\,649{,}87$$

$$= 3\,281{,}46$$

Somme des carrés d'interaction :

$$SC\,(\text{TrxD}) = SCT\,(\text{TrxD}) - SC\,(\text{D}) - SC\,(\text{Tr})$$

$$= 3\,281{,}46 - 935{,}73 - 2\,124{,}51$$

$$= 221{,}22$$

Degrés de liberté de l'interaction :

$$\text{dl(TrxD)} = \text{dl(traitements)} \times \text{dl(dégustateurs)}$$

$$= 4 \times 6$$

$$= 24$$

On a ensuite additionné les degrés de liberté et la somme des carrés de l'interaction entre les dégustateurs et les traitements au tableau de l'Analyse de variance et calculé le CM (Tableau 10). On a vérifié ensuite les principaux effets des traitements et des dégustateurs et de l'effet d'interaction des dégustateurs avec les traitements avec un nouveau CM des erreurs. On a calculé ce nouveau CM des erreurs en soustrayant les SC du traitement, des dégustateurs, de l'expérience et de l'interaction (TrxD) SC du total de SC. On a ensuite calculé les nouveaux degrés de liberté des erreurs en soustrayant du total de dl les dl pour les traitements, les dégustateurs, les expériences et les interactions (TrxD). On a inscrit ces valeurs dans un second tableau d'Analyse de variance (Tableau 10).

Tableau 10. Notation du second tableau d'Analyse de variance pour le test de dureté.

Source de la variation	dl	SC	CM	F Calculé	F Tableau (p≤0,01)
Total	104	3 872,13			
Traitements	4	2 124,51	531,13	62,05	3,63
Dégustateurs	6	935,73	155,96	18,22	3,10
Expériences	2	8,36	4,18	0,49	4,96
TRxD	24	221,22	9,22	1,08	2,10
Erreur	68	582,31	8,56		

L'interaction du traitement par dégustateur n'était pas significative; l'effet significatif du dégustateur indiquait donc que les dégustateurs ont numéroté les traitements dans le même ordre. Il se peut cependant que certains dégustateurs aient noté les échantillons en se servant de sections différentes d'échelle. C'est ainsi qu'un dégustateur pourrait avoir noté tous les échantillons en se servant de la partie supérieure de l'échelle alors que d'autres ne se seraient servis que de la partie centrale, ce qui aurait donné des notes se présentant dans le même ordre mais avec des résultats numériques différents. On pourrait se servir d'un test de comparaisons multiples des notes moyennes des dégustateurs pour découvrir s'il y a des différences entre les dégustateurs. Cela serait utile au cours de la formation du panel pour découvrir quels dégustateurs utilisaient une notation différente des échantillons ou une échelle différente par rapport aux autres. Toutefois, quand on procède à ces études, c'est généralement les différences précises de traitement qui présentent un intérêt. Dans cet exemple, l'absence d'effet d'expérience et d'interaction significative de traitement par dégustateur confirme l'uniformité de la performance du panel.

L'Analyse de variance a révélé qu'il y avait une différence significative dans la dureté des quatre échantillons de fèves. Pour déterminer quels traitements différaient de façon significative des autres, on s'est servi du Test de comparaisons multiples de Tukey et des Tableaux 7.10 et 7.11 (Annexe 7). Le test de Tukey est comparable à celui de Duncan (Section 7.1.3). Les comparaisons entre l'ensemble des paires et toutes les moyennes sont soumises à des tests par rapport à une valeur de note

calculée. Si la différence entre les paires de moyenne est plus importante que la note, les différences entre les moyennes sont significatives. Toutefois, alors que le test de Duncan suppose un calcul de toute une gamme de notes, le test de Tukey n'en calcule qu'une seule. On considère que pour tout ensemble de deux moyennes pour lequel la différence est supérieure à celle de la note, l'écart est significatif. Pour procéder à ce test, on a classé par ordre de taille la moyenne des traitements comme suit :

Traitements de cuisson	A	B	C	E	D
Dureté moyenne	18,9	11,7	7,9	7,2	7,0

L'erreur-type des moyennes de l'échantillon (traitement) a été calculée comme suit :

$$\text{Erreur-type (ET)} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}}$$

où CM(E) est extrait du tableau final d'Analyse de variance (Tableau 10) et n est le nombre de réponses par traitement.

$$ET = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{8,56}{21}}$$

$$= \sqrt{0,41}$$

$$= 0,64$$

L'étendue de la valeur a été calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\text{Étendue de la valeur} = Q(ET)$$
$$= Q(0,64)$$

On a obtenu la valeur Q à partir du Tableau 7.11 (Annexe 7) avec un dl de E de 68, 5 traitements et le même niveau de signification que pour l'Analyse de variance ($p \leq 0{,}01$). Q est donc = 4,80 (tiré de ce tableau).

Étendue de la valeur = 4,80(0,64)
= 3,07

Toute moyenne de deux échantillons dont la différence était supérieure à cette valeur de 3,07 était jugée significative au niveau de 1 %. On a comparé toutes les moyennes de l'échantillon de la façon suivante :

A – D = 18,9 – 7,0 = 11,9 > 3,07
A – E = 18,9 – 7,2 = 11,7 > 3,07
A – C = 18,9 – 7,9 = 11,0 > 3,07
A – B = 18,9 – 11,7 = 7,2 > 3,07
B – D = 11,7 – 7,0 = 4,7 > 3,07
B – E = 11,7 – 7,2 = 4,5 > 3,07
B – C = 11,7 – 7,9 = 3,8 > 3,07
C – D = 7,9 – 7,0 = 0,9 < 3,07
C – E = 7,9 – 7,2 = 0,7 < 3,07
E – D = 7,2 – 7,0 = 0,2 < 3,07

Les échantillons A et B étaient différents de façon significative l'un de l'autre et de tous les autres échantillons. Les échantillons C, E et D n'étaient pas différents de façon significative les uns des autres. On a montré les différences significatives entre les moyennes en soulignant celles qui n'étaient pas différentes de façon significative au niveau de probabilité de 1 %.

Traitements pour la cuisson	A	B	C	E	D
Moyennes des traitements	18,9	11,7	7,9	7,2	7,0

Les fèves noires cuites pendant 30 min (A) étaient plus dures que les fèves cuites pendant 50 min (B), 70 min (C), 90 min (D) ou 110 min (E). Les fèves cuites pendant 50 min (B) étaient plus dures de façon significative que les fèves cuites pendant 70 min (C), 90 min (D) ou

110 min (E). Toutefois, il n'y avait pas de différence dans la dureté entre les fèves cuites pendant 70 min (C), 90 min (D) ou 110 min (E).

7.2.4 Tests descriptifs

Les tests descriptifs sont comparables aux tests de notation d'intensité, si ce n'est que les dégustateurs notent l'intensité sur un certain nombre de caractéristiques de l'échantillon plutôt que sur une seule. Les dégustateurs experts donnent ainsi une description sensorielle totale de l'échantillon concernant l'apparence, l'odeur, la saveur, la texture et l'arrière-goût. Il y a de nombreux types de tests descriptifs dont ceux du Profil de saveur (Pangborn, 1986; Stone et Sidel, 1985; Powers, 1984; Moskowitz, 1983; IFT, 1981, ASTM, 1968; Amerine et al., 1965; Caul 1957; Cairncross et Sjostrom, 1950), le Profil de texture (Pangborn, 1986; Stone et Sidel, 1985; Moskowitz, 1983; IFT, 1981; Civille et Szczesniak, 1973; Brandt et al., 1963; Szczesniak, 1963; Szczesniak et al., 1963), et l'Analyse descriptive quantitative (Pangborn, 1986; Moskowitz, 1983; IFT, 1981; Zook et Wessman, 1977; Stone et al., 1980, 1974). Nous ne décrirons pas ici ces méthodes mais les ouvrages cités en référence les décrivent et fournissent des explications de ces techniques.

PRÉPARATION D'UNE EXPÉRIENCE SENSORIELLE

Lors de la préparation d'une expérience sensorielle, il faut faire attention à tous les éléments abordés dans les sections précédentes de ce manuel. En ayant ces considérations à l'esprit, on peut choisir les tests spécifiques et les méthodes d'analyse statistique qui conviennent. Afin de faciliter la planification et la réalisation d'expériences sensorielles, en particulier par les chercheurs qui n'ont pas d'expérience dans ce domaine, nous avons décrit un certain nombre de tests en détail. On aura intérêt à suivre les descriptions pas à pas, données pour chacun de ces tests, lors de la planification de tests de types comparables.

Lors de la planification d'expériences sensorielles, il faudrait prévoir les étapes suivantes :

1) Définir les objectifs précis de l'expérience. Préciser les questions auxquelles il faut répondre (hypothèses à vérifier) et les énoncer clairement.

2) Identifier les contraintes qui s'exercent sur l'expérience : limites de coûts, disponibilité du matériel, de l'équipement, des dégustateurs et limite de temps.

3) Choisir le type de test et de panel à utiliser. Élaborer les bulletins.

4) Élaborer les procédures expérimentales afin que, quand cela s'avère possible, on puisse contrôler les variables qui ne font pas l'objet des tests et que les résultats du panel ne soient pas faussés. C'est le moment où il faudra prévoir la randomisation des facteurs expérimentaux qui pourraient affecter les résultats comme l'ordre de préparation et de présentation des échantillons.

5) Décider des méthodes statistiques qu'on utilisera en gardant à l'esprit les objectifs du projet, le type de tests et le type de panel.

6) Préparer les formulaires à utiliser pour enregistrer les données sensorielles. Les données devraient être notées de façon qu'il soit facile de les utiliser ensuite pour l'analyse statistique.

7) Planifier le recrutement et l'orientation des dégustateurs, ainsi que leur tri et leur formation au besoin.

8) Procéder à un essai avant de réaliser l'expérience afin de vérifier que les procédures de préparation et de présentation des échantillons, ainsi que les bulletins, conviennent bien.

ANNEXES

ANNEXE 1

Test d'identification des saveurs de base

On peut se servir, pour les tests d'identification des saveurs, des concentrations suivantes des quatre saveurs de base que sont le sucré, l'acide, le salé et l'amer.

Saveur de base	Substance	Concentration
Sucré	sucrose	1,0 % p/v (2,5 g/250 mL)
Salé	chlorure de sodium	0,2 % p/v (0,5 g/250 mL)
Acide	acide citrique	0,04 % p/v (0,1 g/250 mL)
Amer	caféine ou	0,05 % p/v(0,125 g/250 mL)
	sulfate de quinine	0,00125 % p/v (0,003 g/250 mL)

Ces solutions sont préparées avec de l'eau distillée et doivent l'être la veille pour pouvoir s'équilibrer au cours de la nuit. On a besoin d'environ 25 à 30 mL de solution par dégustateur. Les solutions sont divisées en portions dans des tasses individuelles à échantillons, codées pour la dégustation. On prépare un à deux verres d'eau qu'on place parmi les quatre solutions de base à goûter. Il faut présenter les échantillons codés dans un ordre aléatoire différent à chaque dégustateur. Il faut leur dire de se rincer la bouche à l'eau entre la dégustation de chaque échantillon et d'utiliser des craquelins au besoin. On trouvera un exemplaire de bulletin sur la page suivante.

Il faut informer les dégustateurs de leur performance immédiatement après le test. Ceux qui n'ont pas bien réussi devraient pouvoir recommencer le test un autre jour après avoir discuté des sensations de base et de la façon dont elles sont perçues sur la langue et dans la bouche. Ceux qui s'avèrent incapables d'identifier n'importe laquelle des solutions peuvent être agueusiques (manque de sensibilité aux saveurs) et ne sont donc pas de bons candidats pour les panels de dégustation.

ANNEXE 1 (suite)

Bulletin pour un test d'identification des saveurs de base

Nom : _____

Date : _____

Identification des saveurs de base

Veuillez goûter chacune des solutions dans l'ordre indiqué sur le bulletin, du haut vers le bas. Les solutions peuvent être sucrées, acides, salées ou amères. Il se peut qu'il y ait sur votre plateau un échantillon ou plus ne contenant que de l'eau. Identifiez la solution dans chaque tasse codée. Rincez-vous la bouche à l'eau avant de commencer à les goûter et entre chaque dégustation. Vous disposez également de craquelins pour vous nettoyer la bouche entre les échantillons.

Code	Saveur
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

ANNEXE 2

Test d'identification des odeurs de base

On peut se servir de substances ménagères courantes pour identifier les odeurs. Il faut placer les substances odorantes (10 à 15) dans des fioles de verre coloré (les fioles transparentes peuvent être enveloppées dans du papier d'aluminium) ou dans des éprouvettes pour cacher le produit à la vue et fermer soigneusement. On peut verser les liquides sur un tampon de coton dans l'éprouvette, alors que les solides peuvent être mis directement dans l'éprouvette et recouverts d'un tampon de coton ou d'un carré de tissu à fromage. Les fioles ou les éprouvettes doivent être remplies entre le quart et la moitié pour qu'il y ait de la place au-dessus de l'échantillon pour que les essences puissent se concentrer.

On demande aux dégustateurs de mettre la fiole sous leur nez, de retirer le couvercle et de respirer brièvement trois fois. Ils doivent alors inscrire le nom de l'odeur à côté du code de l'échantillon sur le bulletin, ou celui d'une odeur proche s'ils ne peuvent pas identifier le nom avec exactitude. C'est ainsi qu'ils peuvent écrire épicé s'ils ne peuvent pas nommer l'épice de façon précise. Lors de l'interprétation des résultats, l'animateur du panel peut donner un point entier pour chaque bonne réponse et un demi-point pour les réponses qui se rapprochent. On trouvera un exemple de bulletin sur la page suivante.

Il faut dire aux dégustateurs immédiatement après le test quels résultats ils ont obtenus. Ceux qui ont éprouvé des difficultés à identifier les substances peuvent tout simplement avoir besoin d'une formation plus poussée et devraient pouvoir reprendre le test un autre jour. La sensibilité aux odeurs et aux saveurs, comme tout autre langage, s'améliorera avec l'exercice. Les dégustateurs qui s'avèrent incapables de reconnaître bon nombre de substances sont probablement anosmique ou peuvent souffrir de congestion nasale ou des sinus et ne s'avéreront probablement pas de bons candidats pour un panel destiné à tester des odeurs et des saveurs.

Voici quelques exemples des substances qu'on a utilisées :

Substance	Odeurs	Odeurs proches possibles
vinaigre	acide, acide acétique	marinades
café	café	rôti
oignon	oignon	sulfure
clou de girofle	clou de girofle, eugénol	épicé, cannelle
anis	anéthol, anis	réglisse
cannelle	cannelle, eugénol	épicé, clou de girofle
vanille	vanille	sucré
poivre noir	poivre	épicé
moutarde préparée	moutarde	marinades
acétone	acétone	dissolvant de vernis à ongles
alcool	alcool, éthanol	vodka
extrait d'amandes	amandes	sucré
ail	ail, allicin	sulfureux
citron	citron, acide	citron
miel	miel	sucré

ANNEXE 2 (suite)

Bulletin pour un test d'identification des odeurs de base

Nom : _____

Date : _____

Identification des odeurs de base

Les fioles couvertes renferment des substances odorantes qu'on trouve couramment à la maison ou au travail. Amenez la fiole sous votre nez, tirez le bouchon, inspirez trois fois brièvement, et essayez d'identifier l'odeur. Si vous ne pouvez pas identifier la substance avec précision, donnez le nom d'un produit que cet odeur évoque pour vous.

Code	Odeur
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

ANNEXE 3

Formation et contrôle d'un panel d'essai de la texture des fèves

À l'INCAP, on a formé un panel sensoriel exclusivement pour l'évaluation de la texture des fèves cuites. Les caractéristiques de texture à évaluer et les techniques d'évaluation des fèves (Annexe 4) ont été élaborées par un panel sensoriel de dégustateurs experts au Département de l'alimentation et de la nutrition de l'Université du Manitoba. Les échantillons de fèves ont été évalués en utilisant une échelle linéaire. On a aussi retenu des échantillons de références d'aliments (Annexe 5) pour préciser les extrémités de l'échelle linéaire pour chaque caractéristique de texture, à l'exception de la résistance à la mastication. Les dégustateurs de l'INCAP ont été formés d'après ces techniques et se sont servis des bulletins et des références alimentaires pour échelles linéaires élaborés au Manitoba pour chaque caractéristique. Le type de bulletin est illustré à l'Annexe 6.

La formation a commencé en présentant aux dégustateurs les points de référence extrêmes de chaque caractéristique de texture à examiner (Annexe 5). On a ensuite remis à chacun un plateau contenant un bulletin, des instructions pour l'évaluation de caractéristiques précises de texture et les échantillons de référence. L'animateur du panel a passé en revue les définitions des caractéristiques de texture et on a donné des exemples des techniques à utiliser lors du processus d'évaluation. Chaque dégustateur a mis en pratique ces techniques sur les échantillons de référence. Après en avoir discuté pour s'assurer que les dégustateurs comprenaient bien les procédures, on leur a remis des échantillons de fèves cuites dont les caractéristiques de texture variaient grandement. Ils les ont évalués et notés un certain nombre de fois sur l'échelle linéaire. Les dégustateurs ont donc acquis de l'expérience à la fois en évaluant l'intensité de chaque caractéristique de texture particulière des fèves et en se servant d'une échelle linéaire pour noter les échantillons.

Une fois que les échantillons de fèves ont été évalués, les marques sur les échelles linéaires ont été converties en résultats numériques par les dégustateurs ou par l'animateur du panel en mesurant la distance en cm et en la convertissant en notes en se servant d'une échelle de 1 pour 0,5 cm. On a dressé la liste des résultats de chaque dégustateur sur un tableau pour en discuter et établir des comparaisons. Si les notes réelles variaient d'un dégustateur à l'autre, la plupart des dégustateurs parvenaient cependant à un classement uniforme des échantillons de fèves. Il est plus important que la relation entre les produits soit uniforme (par exemple, que l'échantillon soit toujours noté comme étant plus mou que l'échantillon B) et pour chaque dégustateur d'avoir des résultats uniformes lors des répétitions de tests que de voir tous les dégustateurs donner des notes identiques aux échantillons. La formation devrait toutefois, idéalement, réduire l'écart entre les résultats des dégustateurs. Dans le cas

de ceux qui avaient noté les produits dans le mauvais ordre, l'animateur du panel a revu avec eux les définitions et les techniques d'évaluation et ils ont procédé à de nouvelles évaluations des échantillons. On a utilisé la même procédure de formation, en se servant d'échantillons de fèves comparables pendant plusieurs séances (jours) jusqu'à ce que les dégustateurs se sentent à l'aise avec les techniques et que la fourchette de leurs résultats se rétrécisse en refaisant les expériences.

L'étape suivante de la formation du panel sur la texture à l'INCAP a été de faire évaluer par le panel une gamme d'échantillons de fèves noires cuites dont les différences de texture étaient moins évidentes, ainsi que des échantillons aux différences importantes. C'est ainsi que dans le cas de l'évaluation de la dureté, on a joint aux échantillons qui avaient divers degrés de dureté des échantillons qui n'étaient manifestement pas assez cuits (durs), bien cuits et trop cuits (mous).

Afin de vérifier la performance des dégustateurs, les mêmes six échantillons de fèves ont été évalués à quatre occasions différentes. On a évalué leur dureté, leur taille, la résistance du tégument et la facilité à les mâcher. Ils avaient été préparés pour qu'il y ait des différences importantes dans ces divers attributs. On a appliqué l'Analyse de variance à six traitements et quatre répétitions d'expérience pour évaluer les données de chaque dégustateur, pour chaque caractéristique mesurée. On a calculé les valeurs F de traitement pour les résultats de chaque dégustateur, puis on s'en est servi comme d'une mesure de l'aptitude des dégustateurs à établir les distinctions entre les échantillons de fèves et à redonner le même jugement plusieurs fois pour chaque attribut. Les caractéristiques pour lesquelles il était nécessaire d'améliorer la formation (par exemple, les résultats de nombreux dégustateurs n'étaient pas uniformes) ont également été répertoriées. On a analysé ces résultats avec le panel afin de stimuler les dégustateurs à améliorer ou à conserver leur performance. Plus tard, on a procédé à une seconde évaluation du panel. La formation était complète quand la majorité des dégustateurs pouvait faire la distinction entre des échantillons sans difficulté et pouvait donner les mêmes résultats au cours de plusieurs expériences similaires. Les dégustateurs qui éprouvaient des problèmes à cela et ne pouvaient pas donner de façon répétée le même jugement ont été remerciés et libérés du panel.

ANNEXE 4

Techniques d'évaluation des caractéristiques de texture des fèves cuites

DURETÉ : Mordre l'échantillon de fève (2 fèves) une fois avec les molaires et évaluer la force nécessaire pour percer l'échantillon.

TAILLE DES MORCEAUX : Mâcher l'échantillon (2 fèves) 2 ou 3 fois seulement entre les molaires, faire rouler le cotylédon entre la langue et le palais et évaluer la taille des morceaux qui sont les plus évidents.

RÉSISTANCE DU TÉGUMENT : Séparer le tégument du cotylédon en mordant les fèves (2 fèves) entre les molaires et extraire le cotylédon en le roulant entre la langue et le palais. Évaluer ensuite la force nécessaire pour mordre le tégument en le perçant avec les dents de devant.

RÉSISTANCE À LA MASTICATION : Placer un échantillon de fève (2 fèves) dans votre bouche et mâcher à un taux constant (1 fois par seconde), et compter le nombre de fois que vous devrez mâcher pour que l'échantillon soit prêt à avaler.

ANNEXE 5

Aliments de référence utilisés pour le panel sur la texture des fèves

Caractéristique de texture[1]	Points extrêmes	Référence
Dureté	mou	fromage à la crème — 1 cm cube[3]
	dur	fromage parmesan — 1 cm cube[3]
Taille des morceaux[2]	mou	beurre — 1 cm cube[3]
	croquant	arachides grossièrement écrasées
Résistance du tégument	tégument mou	fèves à oeil noir (cuites pendant 2 h)
	tégument dur	fèves navy (Chapin brand) (cuites pendant 1 h et 50 min)

[1] On n'a pas prévu d'aliment de référence pour la résistance à la mastication puisque la mesure était de compter le nombre de fois où on mâchait.

[2] On s'est servi d'autres aliments de référence pendant la formation, soit de féculents (à 5 % p/v de farine de maïs dans de l'eau) et d'une purée granuleuse (semoule cuite — crème de blé).

[3] Sorti directement du réfrigérateur et servi. Tous les autres étaient servis à la température de la pièce.

ANNEXE 6

Bulletin à échelle linéaire utilisé pour les panels sur la texture des fèves

En vous servant des techniques d'évaluation de la texture, évaluez les échantillons en fonction des paramètres suivants. Tout d'abord, évaluez les échantillons de référence pour préciser les points de référence, puis évaluez les échantillons codés. Indiquez l'intensité relative des caractéristiques des échantillons de fèves codés sur chaque échelle, en inscrivant le numéro de code de l'échantillon au-dessus de la marque.

Première bouchée

Dureté

mou — dur

Phase de mastication

Taille des morceaux

mou — croquant

Résistance du tégument

mou (difficilement distinguable des cotylédons) — dur (consistance du cuir)

Mastication

Code	Nombre de mastications

ANNEXE 7

TABLEAUX STATISTIQUES

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui leur ont accordé la permission d'utiliser les tableaux suivants :

Tableaux 7.2 et 7.9 — E.B. Roessler, R.M. Pangborn, J.L. Sidel et H. Stone, "Expanded Statistical Tables for Estimating Significance in Paired-Preference, Duo-Trio and Triangle Tests", *Journal of Food Science*, 43:940-943,947, 1978.

Tableaux 7.3 et 7.4 — G.J. Newell et J.D. MacFarlane, "Expanded Tables for Multiple Comparison Procedures in the Analysis of Ranked Data". *Journal of Food Science*, 52:1721-1725, 1987.

Tableaux 7.5 et 7.6 — M. Merrington, C.M. Thompson et E.S. Pearson, "Tables of Percentage Points of the Inverted Beta (F) Distribution". *Biometrica*, 33:73-88, 1943, avec l'autorisation de Biometrika Trustees.

Tableaux 7.7 et 7.8 — H.L. Harter, "Critical Values for Duncan's New Multiple Range Test". *Biometrics*, 16:671-685, 1960, avec l'autorisation de Biometrics Society.

Tableaux 7.10 et 7.11 — E.S. Pearson et N.D. Hartley (éd.). Tableau 29 dans "Biometrika Tables for Statisticians", Vol. 1, 3e édition (1966) avec l'autorisation de Biometrika Trustees.

TABLEAU 7.1
Tableau de nombres aléatoires

92	73	35	54	98	26	56	39	28	82	91	43	06	93	24	72	00	82	80	75	85	19	70	64	43
16	51	87	38	01	90	16	71	58	81	97	58	00	77	86	36	00	66	83	36	01	19	53	58	68
33	17	94	03	07	27	41	40	81	74	55	96	82	24	83	90	41	63	36	50	48	18	86	67	17
27	57	83	36	77	07	53	58	09	94	24	00	21	76	21	58	55	77	99	65	52	38	17	40	90
61	29	94	65	15	91	54	01	44	49	97	49	97	99	48	94	72	47	63	35	36	06	68	95	71
83	81	58	29	20	93	72	49	83	27	06	73	46	53	80	05	74	62	18	31	95	28	64	99	86
19	73	59	65	95	16	27	57	65	41	36	49	07	54	07	43	91	74	14	40	95	28	57	76	51
32	47	42	59	60	96	19	56	32	02	16	03	06	41	98	79	75	15	66	64	63	29	50	27	92
19	44	93	63	76	45	72	47	25	60	18	69	63	00	95	80	72	06	98	19	73	61	99	74	05
75	87	08	73	42	32	58	61	49	91	95	40	38	76	23	84	49	63	08	97	68	61	99	05	55
09	88	60	27	23	44	53	22	40	86	35	87	80	47	11	96	23	64	69	33	80	49	89	24	01
40	69	87	66	60	64	95	99	77	03	79	67	71	05	99	00	48	94	87	42	18	98	77	33	81
53	54	06	47	69	72	03	60	45	24	21	42	53	79	70	87	15	89	22	45	71	80	10	29	10
48	52	50	77	53	33	50	89	98	24	19	74	34	26	41	12	11	50	40	11	58	08	97	80	25
91	52	19	84	90	77	32	15	76	35	44	71	26	06	01	91	57	51	20	03	84	44	32	90	30
56	32	08	70	52	62	85	85	53	60	00	26	26	76	80	43	56	95	78	65	20	81	11	25	21
68	54	50	25	19	38	80	73	89	22	63	34	31	24	12	88	25	99	34	44	19	08	20	74	51
41	46	28	06	13	95	62	19	35	63	90	94	04	59	81	16	57	45	02	98	97	35	35	17	44
1;	91	09	05	33	02	68	19	97	21	67	79	26	16	91	54	10	56	58	61	31	24	22	34	95
78	96	49	50	26	57	35	48	61	03	38	80	07	08	00	83	09	42	96	63	45	24	01	96	21
39	00	27	47	60	83	45	25	28	77	57	99	02	56	59	98	38	25	89	65	07	91	84	67	81
58	08	80	92	56	85	62	98	67	67	95	03	17	42	26	96	44	19	06	74	31	39	97	94	27
56	81	87	37	10	56	34	49	22	78	50	96	35	45	40	21	51	98	10	18	02	06	48	96	58
36	35	32	43	46	69	88	75	56	07	86	01	84	12	25	39	71	66	87	17	89	23	53	07	31
51	93	66	36	87	42	90	04	20	32	09	36	63	34	92	02	34	96	00	65	37	61	22	15	69
68	28	29	88	56	53	00	66	27	29	08	05	73	10	47	05	21	45	98	77	01	01	48	45	39
73	21	85	37	49	94	48	60	83	76	36	69	65	58	41	14	79	53	32	88	87	69	97	80	92
02	50	08	84	77	23	90	50	36	16	69	81	53	97	43	48	06	85	37	06	81	00	48	13	19
28	49	35	23	70	84	43	13	05	94	47	13	65	25	13	95	29	93	65	45	50	12	61	20	06
84	95	64	21	30	40	87	75	49	77	07	51	00	99	20	55	96	12	18	61	80	37	92	91	91
61	67	92	67	17	03	92	42	50	75	01	98	45	10	05	78	87	90	47	73	02	98	19	89	04
25	01	68	34	92	17	99	59	73	84	82	75	01	78	64	10	09	07	09	56	08	95	86	18	94
20	72	90	17	09	02	64	44	68	72	65	83	44	44	05	96	85	90	55	00	36	28	10	04	88
72	30	42	62	43	21	12	23	11	00	08	86	12	22	08	32	56	55	63	16	06	86	46	28	40
79	89	79	56	56	52	17	02	58	37	33	20	07	40	39	35	33	98	80	47	54	03	31	08	17
41	32	02	75	96	74	65	72	58	01	74	79	29	05	29	97	26	91	36	36	20	07	46	35	19
24	59	60	88	81	13	46	20	67	80	84	81	97	94	32	14	22	07	84	10	75	77	18	14	65
48	51	76	58	18	11	55	87	94	27	60	26	92	09	00	71	97	72	05	30	14	21	83	99	46
27	05	35	96	75	06	17	26	28	05	31	20	79	16	72	27	09	62	94	26	06	78	56	42	82
19	73	48	30	37	22	73	62	86	68	06	92	82	65	10	44	54	09	11	70	91	01	26	15	61
10	59	61	30	64	18	52	97	24	80	81	40	99	83	02	28	97	79	99	29	82	37	41	79	33
06	20	64	72	63	79	92	43	52	33	86	12	76	48	29	77	02	34	49	00	40	83	62	63	94
92	42	30	97	23	74	83	22	11	41	73	53	48	10	58	00	06	97	25	53	36	01	06	61	74
86	79	11	15	34	00	26	83	82	10	48	32	37	41	48	60	89	27	58	07	74	48	23	98	74
60	88	55	02	30	59	97	88	69	09	05	03	63	84	72	26	71	02	18	54	16	61	94	44	07
74	09	21	65	09	32	54	78	17	61	41	84	72	37	06	92	44	02	30	78	43	56	00	74	48
90	75	09	73	22	45	70	71	03	26	14	31	86	14	46	21	97	36	81	73	88	04	88	37	99
14	72	51	66	03	84	60	44	03	15	66	73	62	29	38	49	58	81	94	87	98	66	17	22	98
23	20	32	85	06	98	69	68	60	11	23	40	29	11	30	95	57	54	85	83	44	82	12	48	80
47	71	02	68	97	71	72	57	50	28	00	05	44	94	39	01	47	28	79	18	60	97	87	65	41

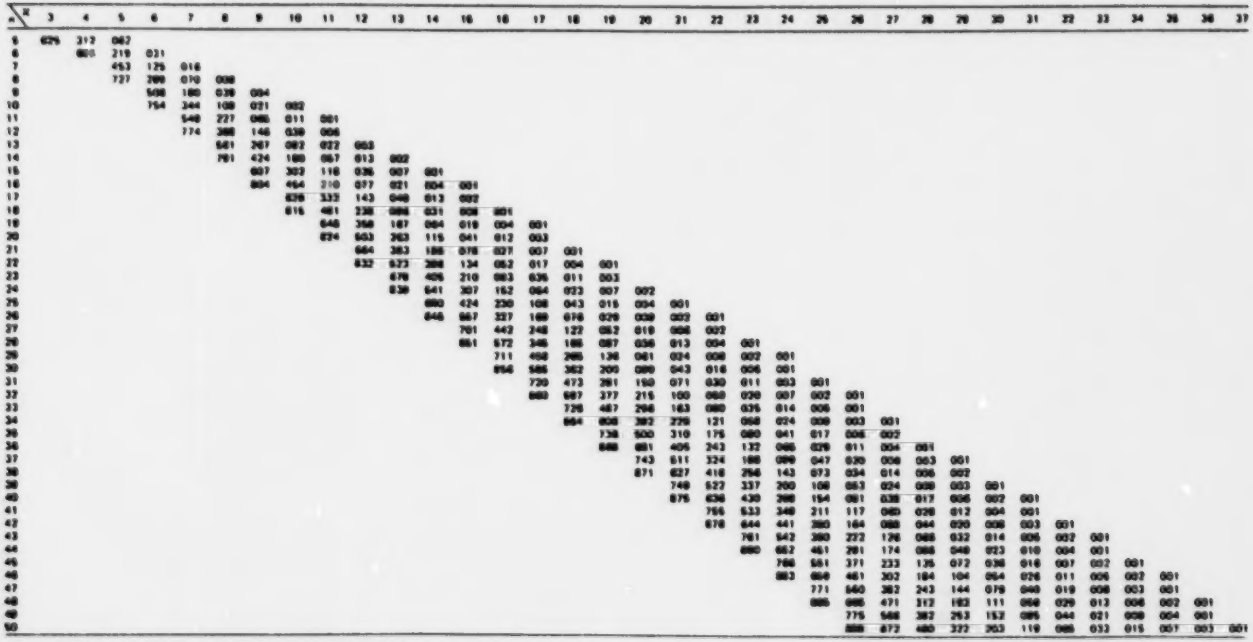
TABLEAU 7.1 (suite)
Tableau de nombres aléatoires

36	27	64	92	29	10	13	13	26	18	70	49	46	76	82	40	95	03	23	50	95	49	81	65	59
89	98	18	56	63	44	12	36	38	45	79	86	16	35	18	92	77	77	81	35	60	08	00	03	89
41	56	64	46	30	83	32	55	94	83	92	77	01	10	34	85	18	90	52	66	85	96	17	94	52
46	01	03	34	17	36	45	23	42	71	62	83	89	00	76	26	12	30	39	49	24	45	01	47	08
74	19	18	58	38	45	95	89	90	57	17	56	42	25	50	14	15	06	51	15	00	80	71	54	30
58	35	06	11	82	58	02	82	92	04	48	49	46	13	05	70	39	51	64	27	88	99	50	78	53
25	39	08	65	10	42	66	62	76	78	55	98	14	69	20	57	98	02	26	10	86	10	72	87	40
45	81	79	85	17	78	41	23	62	38	75	66	65	53	81	45	92	91	30	40	87	51	94	08	14
66	07	40	74	42	01	84	30	71	03	26	95	66	53	08	78	28	19	29	37	31	49	85	07	24
48	08	38	86	84	11	67	13	08	22	18	03	62	21	80	06	75	58	50	56	79	84	02	22	01
64	56	10	04	14	05	23	15	01	16	36	38	63	84	10	73	21	64	74	12	75	38	41	38	45
43	82	44	80	16	80	95	26	12	72	69	47	33	42	65	39	03	27	23	32	22	20	18	41	18
68	24	81	78	90	72	77	32	46	74	56	21	46	71	66	80	61	49	78	64	39	32	85	84	47
68	39	42	15	64	74	50	44	54	98	64	66	66	08	96	82	57	07	60	73	88	01	18	68	21
84	10	95	26	08	10	51	65	03	85	35	51	70	18	40	67	31	60	46	91	98	60	80	34	35
06	82	42	61	36	85	62	42	25	91	12	13	14	30	41	74	21	40	94	50	70	88	69	08	15
23	09	79	03	13	45	21	55	04	02	42	55	60	88	50	73	80	64	42	22	18	99	36	87	84
87	83	21	08	77	06	25	54	97	15	60	61	04	68	49	94	76	20	78	36	26	48	03	59	72
84	76	40	56	55	88	68	81	01	63	38	45	47	59	48	57	03	45	01	48	91	93	68	02	12
53	81	33	01	30	52	33	74	74	56	78	87	62	91	53	23	56	34	35	24	62	89	43	63	96
39	04	99	99	88	08	77	01	10	01	22	64	60	57	25	73	50	67	04	79	38	91	51	29	18
71	26	72	67	25	92	36	01	77	86	19	54	65	51	61	64	49	89	84	19	54	83	92	68	94
50	52	72	95	18	23	65	04	78	73	40	88	56	38	96	89	53	72	54	42	14	48	66	67	26
72	38	35	28	72	87	33	60	04	44	20	76	80	37	19	37	61	47	47	97	48	07	58	03	81
98	96	95	85	40	23	08	04	34	89	88	88	46	92	53	99	19	02	60	25	24	44	06	30	43
10	98	80	95	16	33	67	25	73	98	85	61	04	72	82	39	39	92	82	15	59	88	42	57	39
06	73	69	97	88	78	36	03	05	66	22	61	53	32	48	41	08	33	09	15	77	06	04	87	95
00	49	27	22	93	65	65	06	28	88	43	24	65	96	14	67	19	30	70	86	53	87	46	62	35
76	14	99	63	59	15	25	44	97	49	97	74	51	42	50	30	62	51	65	19	81	76	32	69	78
92	17	79	45	06	87	28	87	91	10	38	13	94	23	00	75	99	63	62	71	72	71	50	44	59
81	84	00	13	70	19	32	41	38	86	21	35	51	07	72	51	18	95	67	31	64	36	88	94	08
18	89	75	41	91	71	50	12	52	67	57	98	66	78	29	43	48	79	20	82	19	92	17	17	81
18	15	54	38	69	21	09	49	46	79	12	96	88	12	82	84	14	34	49	60	61	00	64	97	75
25	67	19	45	22	38	12	15	45	16	81	99	04	02	27	92	61	27	50	95	10	50	92	28	93
50	74	03	59	58	37	11	95	42	71	59	73	50	41	56	44	28	25	37	88	57	95	44	07	53
15	37	18	71	81	88	27	91	67	77	29	54	01	17	25	05	97	46	65	22	80	66	93	02	41
58	27	81	52	71	11	31	35	35	25	77	71	63	11	20	19	38	49	10	37	12	67	47	40	60
02	70	61	10	26	57	74	71	29	69	89	14	30	80	19	62	16	62	63	42	82	19	61	55	80
36	18	22	13	05	55	97	35	51	73	98	46	20	62	13	14	65	07	76	62	32	96	60	23	27
42	30	70	57	81	67	85	97	28	63	68	71	11	44	71	13	69	22	02	86	72	33	05	61	53
77	86	84	73	38	73	00	71	55	84	40	05	62	84	23	25	06	13	79	75	11	59	73	59	61
51	32	38	45	08	73	84	75	01	65	34	49	99	21	38	85	43	74	41	83	22	39	78	24	26
57	00	03	36	50	15	57	08	41	82	62	60	59	57	15	98	97	72	35	69	67	88	05	23	33
02	89	67	41	36	20	49	73	04	57	04	84	24	58	16	46	65	45	92	44	98	38	63	50	84
05	20	98	54	89	50	70	82	03	13	45	99	78	23	57	17	03	45	52	77	34	18	29	96	08
75	09	54	90	05	74	39	32	27	14	10	96	59	97	10	16	60	93	86	21	66	99	07	16	49
34	52	52	21	56	08	54	46	65	05	49	49	38	79	65	49	35	65	65	13	62	75	27	53	39
17	87	53	33	08	15	70	87	09	17	66	10	34	71	89	36	75	40	54	51	08	72	56	36	95
78	95	48	93	70	45	87	35	30	53	51	43	03	73	74	06	00	51	96	96	24	43	31	55	91
13	95	60	19	02	29	79	66	71	11	99	05	27	46	03	18	85	14	23	73	75	85	62	16	80

TABLEAU 7.2

Test binômial à deux queues

Probabilité qu'il y ait X ou plus de jugements d'accord dans n essais (p=1/2)



Note : Il faut rajouter devant chaque chiffre «0,».

TABLEAU 7.3

Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de «tous les traitements» à un seuil de signification de 5 %

	Nombre d'échantillons									
Dégustateurs	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

On se sert des valeurs exactes adaptées de Hollander et Wolfe (1973) jusqu'à 15 dégustateurs.

On peut se servir d'interpolation pour les valeurs de tableau non spécifiées faisant appel à plus de 50 dégustateurs.

TABLEAU 7.4

Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de «tous les traitements» à un seuil de signification de 1 %

	Nombre d'échantillons									
Dégustateurs	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	–	9	12	14	17	19	22	24	27	30
4	8	11	14	17	20	23	26	29	32	36
5	9	13	16	19	23	26	30	33	37	41
6	10	14	18	21	25	29	33	37	41	45
7	11	15	19	23	28	32	36	40	45	49
8	12	16	21	25	30	34	39	43	48	53
9	13	17	22	27	32	36	41	46	51	56
10	13	18	23	28	33	38	44	49	54	59
11	14	19	24	30	35	40	46	51	57	63
12	15	20	26	31	37	42	48	54	60	66
13	15	21	27	32	38	44	50	56	62	68
14	16	22	28	34	40	46	52	58	65	71
15	16	22	28	35	41	48	54	60	67	74
16	17	23	30	36	43	49	56	63	70	77
17	17	24	31	37	44	51	58	65	72	79
18	18	25	31	38	45	52	60	67	74	81
19	18	25	32	39	46	54	61	69	76	84
20	19	26	33	40	48	55	63	70	78	86
21	19	27	34	41	49	56	64	72	80	88
22	20	27	35	42	50	58	66	74	82	90
23	20	28	35	43	51	59	67	75	84	92
24	21	28	36	44	52	60	69	77	85	94
25	21	29	37	45	53	62	70	79	87	96
26	22	29	38	46	54	63	71	80	89	98
27	22	30	38	47	55	64	73	82	91	100
28	22	31	39	48	56	65	74	83	92	101
29	23	31	40	48	57	66	75	85	94	103
30	23	32	40	49	58	67	77	86	95	105
31	23	32	41	50	59	69	78	87	97	107
32	24	33	42	51	60	70	79	89	99	108
33	24	33	42	52	61	71	80	90	100	110
34	25	34	43	52	62	72	82	92	102	112
35	25	34	44	53	63	73	83	93	103	113
36	25	35	44	54	64	74	84	94	105	115
37	26	35	45	55	65	75	85	95	106	117
38	26	36	45	55	66	76	86	97	107	118
39	26	36	46	56	66	77	87	98	109	120
40	27	36	47	57	67	78	88	99	110	121
41	27	37	47	57	68	79	90	100	112	123
42	27	37	48	58	69	80	91	102	113	124
43	28	38	48	59	70	81	92	103	114	126
44	28	38	49	60	70	82	93	104	115	127
45	28	39	49	60	71	82	94	105	117	128
46	28	39	50	61	72	83	95	106	118	130
47	29	39	50	62	73	84	96	108	119	131
48	29	40	51	62	74	85	97	109	121	133
49	29	40	51	63	74	86	98	110	122	134
50	30	41	52	63	75	87	99	111	123	135
55	31	43	54	66	79	91	104	116	129	142
60	32	45	57	69	82	95	108	121	135	148
65	34	46	59	72	86	99	113	126	140	154
70	35	48	61	75	89	103	117	131	146	160
75	36	50	64	78	92	106	121	136	151	166
80	37	51	66	80	95	110	125	140	156	171
85	38	53	68	83	98	113	129	144	160	176
90	40	54	70	85	101	116	132	149	165	181
95	41	56	71	87	103	120	136	153	169	186
100	42	57	73	89	106	123	140	157	174	191

On se sert des valeurs exactes adaptées de Hollander et Wolfe (1973) jusqu'à 15 dégustateurs.

On peut se servir d'interpolation pour les valeurs de tableau non spécifiées faisant appel à plus de 50 dégustateurs.

TABLEAU 7.5
Distribution de F
à un seuil de signification de 5 %

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161·45	199·50	215·71	224·58	230·16	233·99	236·77	238·88	240·54
2	18·513	19·000	19·164	19·247	19·296	19·330	19·353	19·371	19·385
3	10·128	9·5521	9·2766	9·1172	9·0135	8·9406	8·8868	8·8452	8·8123
4	7·7086	6·9443	6·5914	6·3883	6·2560	6·1631	6·0942	6·0410	5·9988
5	6·6079	5·7861	5·4095	5·1922	5·0503	4·9503	4·8759	4·8183	4·7725
6	5·9874	5·1433	4·7571	4·5337	4·3874	4·2839	4·2066	4·1468	4·0990
7	5·5914	4·7374	4·3468	4·1203	3·9715	3·8660	3·7870	3·7257	3·6767
8	5·3177	4·4590	4·0662	3·8378	3·6875	3·5806	3·5005	3·4381	3·3881
9	5·1174	4·2565	3·8626	3·6331	3·4817	3·3738	3·2927	3·2296	3·1789
10	4·9646	4·1028	3·7083	3·4780	3·3258	3·2172	3·1355	3·0717	3·0204
11	4·8443	3·9823	3·5874	3·3567	3·2039	3·0946	3·0123	2·9480	2·8962
12	4·7472	3·8853	3·4903	3·2592	3·1059	2·9961	2·9134	2·8486	2·7964
13	4·6672	3·8056	3·4105	3·1791	3·0254	2·9153	2·8321	2·7669	2·7144
14	4·6001	3·7389	3·3439	3·1122	2·9582	2·8477	2·7642	2·6987	2·6458
15	4·5431	3·6823	3·2874	3·0556	2·9013	2·7905	2·7066	2·6408	2·5876
16	4·4940	3·6337	3·2389	3·0069	2·8524	2·7413	2·6572	2·5911	2·5377
17	4·4513	3·5915	3·1968	2·9647	2·8100	2·6987	2·6143	2·5480	2·4943
18	4·4139	3·5546	3·1599	2·9277	2·7729	2·6613	2·5767	2·5102	2·4563
19	4·3808	3·5219	3·1274	2·8951	2·7401	2·6283	2·5435	2·4768	2·4227
20	4·3513	3·4928	3·0984	2·8661	2·7109	2·5990	2·5140	2·4471	2·3928
21	4·3248	3·4668	3·0725	2·8401	2·6848	2·5727	2·4876	2·4205	2·3661
22	4·3009	3·4434	3·0491	2·8167	2·6613	2·5491	2·4638	2·3965	2·3419
23	4·2793	3·4221	3·0280	2·7955	2·6400	2·5277	2·4422	2·3748	2·3201
24	4·2597	3·4028	3·0088	2·7763	2·6207	2·5082	2·4226	2·3551	2·3002
25	4·2417	3·3852	2·9912	2·7587	2·6030	2·4904	2·4047	2·3371	2·2821
26	4·2252	3·3690	2·9751	2·7426	2·5868	2·4741	2·3883	2·3205	2·2655
27	4·2100	3·3541	2·9604	2·7278	2·5719	2·4591	2·3732	2·3053	2·2501
28	4·1960	3·3404	2·9467	2·7141	2·5581	2·4453	2·3593	2·2913	2·2360
29	4·1830	3·3277	2·9340	2·7014	2·5454	2·4324	2·3463	2·2782	2·2229
30	4·1709	3·3158	2·9223	2·6896	2·5336	2·4205	2·3343	2·2662	2·2107
40	4·0848	3·2317	2·8387	2·6060	2·4495	2·3359	2·2490	2·1802	2·1240
60	4·0012	3·1504	2·7581	2·5252	2·3683	2·2540	2·1665	2·0970	2·0401
120	3·9201	3·0718	2·6802	2·4472	2·2900	2·1750	2·0867	2·0164	1·9588
∞	3·8415	2·9957	2·6049	2·3719	2·2141	2·0986	2·0096	1·9384	1·8799

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.
Ce tableau donne les valeurs de F pour lesquelles $I_F(\nu_1,\nu_2) = 0{,}05$.

TABLEAU 7.5 (suite)

Distribution de F
à un seuil de signification de 5 %

ν_2 \ ν_1	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241·88	243·91	245·95	248·01	249·05	250·09	251·14	252·20	253·25	254·32
2	19·396	19·413	19·429	19·446	19·454	19·462	19·471	19·479	19·487	19·496
3	8·7855	8·7446	8·7029	8·6602	8·6385	8·6166	8·5944	8·5720	8·5494	8·5265
4	5·9644	5·9117	5·8578	5·8025	5·7744	5·7459	5·7170	5·6878	5·6581	5·6281
5	4·7351	4·6777	4·6188	4·5581	4·5272	4·4957	4·4638	4·4314	4·3984	4·3650
6	4·0600	3·9999	3·9381	3·8742	3·8415	3·8082	3·7743	3·7398	3·7047	3·6688
7	3·6365	3·5747	3·5108	3·4445	3·4105	3·3758	3·3404	3·3043	3·2674	3·2298
8	3·3472	3·2840	3·2184	3·1503	3·1152	3·0794	3·0428	3·0053	2·9669	2·9276
9	3·1373	3·0729	3·0061	2·9365	2·9005	2·8637	2·8259	2·7872	2·7475	2·7067
10	2·9782	2·9130	2·8450	2·7740	2·7372	2·6996	2·6609	2·6211	2·5801	2·5379
11	2·8536	2·7876	2·7186	2·6464	2·6090	2·5705	2·5309	2·4901	2·4480	2·4045
12	2·7534	2·6866	2·6169	2·5436	2·5055	2·4663	2·4259	2·3842	2·3410	2·2962
13	2·6710	2·6037	2·5331	2·4589	2·4202	2·3803	2·3392	2·2966	2·2524	2·2064
14	2·6021	2·5342	2·4630	2·3879	2·3487	2·3082	2·2664	2·2230	2·1778	2·1307
15	2·5437	2·4753	2·4035	2·3275	2·2878	2·2468	2·2043	2·1601	2·1141	2·0658
16	2·4935	2·4247	2·3522	2·2756	2·2354	2·1938	2·1507	2·1058	2·0589	2·0096
17	2·4499	2·3807	2·3077	2·2304	2·1898	2·1477	2·1040	2·0584	2·0107	1·9604
18	2·4117	2·3421	2·2686	2·1906	2·1497	2·1071	2·0629	2·0166	1·9681	1·9168
19	2·3779	2·3080	2·2341	2·1555	2·1141	2·0712	2·0264	1·9796	1·9302	1·8780
20	2·3479	2·2776	2·2033	2·1242	2·0825	2·0391	1·9938	1·9464	1·8963	1·8432
21	2·3210	2·2504	2·1757	2·0960	2·0540	2·0102	1·9645	1·9165	1·8657	1·8117
22	2·2967	2·2258	2·1508	2·0707	2·0283	1·9842	1·9380	1·8895	1·8380	1·7831
23	2·2747	2·2036	2·1282	2·0476	2·0050	1·9605	1·9139	1·8649	1·8128	1·7570
24	2·2547	2·1834	2·1077	2·0267	1·9838	1·9390	1·8920	1·8424	1·7897	1·7331
25	2·2365	2·1649	2·0889	2·0075	1·9643	1·9192	1·8718	1·8217	1·7684	1·7110
26	2·2197	2·1479	2·0716	1·9898	1·9464	1·9010	1·8533	1·8027	1·7488	1·6906
27	2·2043	2·1323	2·0558	1·9736	1·9299	1·8842	1·8361	1·7851	1·7307	1·6717
28	2·1900	2·1179	2·0411	1·9586	1·9147	1·8687	1·8203	1·7689	1·7138	1·6541
29	2·1768	2·1045	2·0275	1·9446	1·9005	1·8543	1·8055	1·7537	1·6981	1·6377
30	2·1646	2·0921	2·0148	1·9317	1·8874	1·8409	1·7918	1·7396	1·6835	1·6223
40	2·0772	2·0035	1·9245	1·8389	1·7929	1·7444	1·6928	1·6373	1·5766	1·5089
60	1·9926	1·9174	1·8364	1·7480	1·7001	1·6491	1·5943	1·5343	1·4673	1·3893
120	1·9105	1·8337	1·7505	1·6587	1·6084	1·5543	1·4952	1·4290	1·3519	1·2539
∞	1·8307	1·7522	1·6664	1·5705	1·5173	1·4591	1·3940	1·3180	1·2214	1·0000

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{\nu_2 S_1}{\nu_1 S_2}.$$

TABLEAU 7.6
Distribution de F
à un seuil de signification de 1 %

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052·2	4999·5	5403·3	5624·6	5763·7	5859·0	5928·3	5981·6	6022·5
2	98·503	99·000	99·166	99·249	99·299	99·332	99·356	99·374	99·388
3	34·116	30·817	29·457	28·710	28·237	27·911	27·672	27·489	27·345
4	21·198	18·000	16·694	15·977	15·522	15·207	14·976	14·799	14·659
5	16·258	13·274	12·060	11·392	10·967	10·672	10·456	10·289	10·158
6	13·745	10·925	9·7795	9·1483	8·7459	8·4661	8·2600	8·1016	7·9761
7	12·246	9·5466	8·4513	7·8467	7·4604	7·1914	6·9928	6·8401	6·7188
8	11·259	8·6491	7·5910	7·0060	6·6318	6·3707	6·1776	6·0289	5·9106
9	10·561	8·0215	6·9919	6·4221	6·0569	5·8018	5·6129	5·4671	5·3511
10	10·044	7·5594	6·5523	5·9943	5·6363	5·3858	5·2001	5·0567	4·9424
11	9·6460	7·2057	6·2167	5·6683	5·3160	5·0692	4·8861	4·7445	4·6315
12	9·3302	6·9266	5·9526	5·4119	5·0643	4·8206	4·6395	4·4994	4·3875
13	9·0738	6·7010	5·7394	5·2053	4·8616	4·6204	4·4410	4·3021	4·1911
14	8·8616	6·5149	5·5639	5·0354	4·6950	4·4558	4·2779	4·1399	4·0297
15	8·6831	6·3589	5·4170	4·8932	4·5556	4·3183	4·1415	4·0045	3·8948
16	8·5310	6·2262	5·2922	4·7726	4·4374	4·2016	4·0259	3·8896	3·7804
17	8·3997	6·1121	5·1850	4·6690	4·3359	4·1015	3·9267	3·7910	3·6822
18	8·2854	6·0129	5·0919	4·5790	4·2479	4·0146	3·8406	3·7054	3·5971
19	8·1850	5·9259	5·0103	4·5003	4·1708	3·9386	3·7653	3·6305	3·5225
20	8·0960	5·8489	4·9382	4·4307	4·1027	3·8714	3·6987	3·5644	3·4567
21	8·0166	5·7804	4·8740	4·3688	4·0421	3·8117	3·6396	3·5056	3·3981
22	7·9454	5·7190	4·8166	4·3134	3·9880	3·7583	3·5867	3·4530	3·3458
23	7·8811	5·6637	4·7649	4·2635	3·9392	3·7102	3·5390	3·4057	3·2986
24	7·8229	5·6136	4·7181	4·2184	3·8951	3·6667	3·4959	3·3629	3·2560
25	7·7698	5·5680	4·6755	4·1774	3·8550	3·6272	3·4568	3·3239	3·2172
26	7·7213	5·5263	4·6366	4·1400	3·8183	3·5911	3·4210	3·2884	3·1818
27	7·6767	5·4881	4·6009	4·1056	3·7848	3·5580	3·3882	3·2558	3·1494
28	7·6356	5·4529	4·5681	4·0740	3·7539	3·5276	3·3581	3·2259	3·1195
29	7·5976	5·4205	4·5378	4·0449	3·7254	3·4995	3·3302	3·1982	3·0920
30	7·5625	5·3904	4·5097	4·0179	3·6990	3·4735	3·3045	3·1726	3·0665
40	7·3141	5·1785	4·3126	3·8283	3·8138	3·2910	3·1238	2·9930	2·8876
60	7·0771	4·9774	4·1259	3·6491	3·3389	3·1187	2·9530	2·8233	2·7185
120	6·8510	4·7865	3·9493	3·4796	3·1735	2·9559	2·7918	2·6629	2·5586
∞	6·6349	4·6052	3·7816	3·3192	3·0173	2·8020	2·6393	2·5113	2·4073

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.
Ce tableau donne les valeurs de F pour lesquelles $I_F(\nu_1,\nu_2) = 0{,}05$.

TABLEAU 7.6 (suite)
Distribution de F
à un seuil de signification de 1 %

ν_2 \ ν_1	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	6055·8	6106·3	6157·3	6208·7	6234·6	6260·7	6286·8	6313·0	6339·4	6366·0
2	99·399	99·416	99·432	99·449	99·458	99·466	99·474	99·483	99·491	99·501
3	27·229	27·052	26·872	26·690	26·598	26·505	26·411	26·316	26·221	26·125
4	14·546	14·374	14·198	14·020	13·929	13·838	13·745	13·652	13·558	13·463
5	10·051	9·8883	9·7222	9·5527	9·4665	9·3793	9·2912	9·2020	9·1118	9·0204
6	7·8741	7·7183	7·5590	7·3958	7·3127	7·2285	7·1432	7·0568	6·9690	6·8801
7	6·6201	6·4691	6·3143	6·1554	6·0743	5·9921	5·9084	5·8236	5·7372	5·6495
8	5·8143	5·6668	5·5151	5·3591	5·2793	5·1981	5·1156	5·0316	4·9460	4·8588
9	5·2565	5·1114	4·9621	4·8080	4·7290	4·6486	4·5667	4·4831	4·3978	4·3105
10	4·8492	4·7059	4·5582	4·4054	4·3269	4·2469	4·1653	4·0819	3·9965	3·9090
11	4·5393	4·3974	4·2509	4·0990	4·0209	3·9411	3·8596	3·7761	3·6904	3·6025
12	4·2961	4·1553	4·0096	3·8584	3·7805	3·7008	3·6192	3·5355	3·4494	3·3608
13	4·1003	3·9603	3·8154	3·6646	3·5868	3·5070	3·4253	3·3413	3·2548	3·1654
14	3·9394	3·8001	3·6557	3·5052	3·4274	3·3476	3·2656	3·1813	3·0942	3·0040
15	3·8049	3·6662	3·5222	3·3719	3·2940	3·2141	3·1319	3·0471	2·9595	2·8684
16	3·6909	3·5527	3·4089	3·2588	3·1808	3·1007	3·0182	2·9330	2·8447	2·7528
17	3·5931	3·4552	3·3117	3·1615	3·0835	3·0032	2·9205	2·8348	2·7459	2·6530
18	3·5082	3·3706	3·2273	3·0771	2·9990	2·9185	2·8354	2·7493	2·6597	2·5660
19	3·4338	3·2965	3·1533	3·0031	2·9249	2·8442	2·7608	2·6742	2·5839	2·4893
20	3·3682	3·2311	3·0880	2·9377	2·8594	2·7785	2·6947	2·6077	2·5168	2·4212
21	3·3098	3·1729	3·0299	2·8796	2·8011	2·7200	2·6359	2·5484	2·4568	2·3603
22	3·2576	3·1209	2·9780	2·8274	2·7488	2·6675	2·5831	2·4951	2·4029	2·3055
23	3·2106	3·0740	2·9311	2·7805	2·7017	2·6202	2·5355	2·4471	2·3542	2·2559
24	3·1681	3·0316	2·8887	2·7380	2·6591	2·5773	2·4923	2·4035	2·3099	2·2107
25	3·1294	2·9931	2·8502	2·6993	2·6203	2·5383	2·4530	2·3637	2·2695	2·1694
26	3·0941	2·9579	2·8150	2·6640	2·5848	2·5026	2·4170	2·3273	2·2325	2·1315
27	3·0618	2·9256	2·7827	2·6316	2·5522	2·4699	2·3840	2·2938	2·1984	2·0965
28	3·0320	2·8959	2·7530	2·6017	2·5223	2·4397	2·3535	2·2629	2·1670	2·0642
29	3·0045	2·8685	2·7256	2·5742	2·4946	2·4118	2·3253	2·2344	2·1378	2·0342
30	2·9791	2·8431	2·7002	2·5487	2·4689	2·3860	2·2992	2·2079	2·1107	2·0062
40	2·8005	2·6648	2·5216	2·3689	2·2880	2·2034	2·1142	2·0194	1·9172	1·8047
60	2·6318	2·4961	2·3523	2·1978	2·1154	2·0285	1·9360	1·8363	1·7263	1·6006
120	2·4721	2·3363	2·1916	2·0346	1·9500	1·8600	1·7628	1·6557	1·5330	1·3805
∞	2·3209	2·1848	2·0385	1·8783	1·7908	1·6964	1·5923	1·4730	1·3246	1·0000

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{\nu_2 S_1}{\nu_1 S_2}.$$

TABLEAU 7.7

Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 5 %

v \ p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522	3.525	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501	3.506	3.509	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484	3.491	3.496	3.498	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470	3.478	3.484	3.488	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457	3.467	3.474	3.479	3.482	3.484	3.484	3.485	3.485	3.485
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446	3.457	3.465	3.471	3.476	3.478	3.480	3.481	3.481	3.481
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437	3.449	3.458	3.465	3.470	3.473	3.477	3.478	3.478	3.478
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429	3.441	3.451	3.459	3.465	3.469	3.473	3.475	3.476	3.476
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421	3.435	3.445	3.454	3.460	3.465	3.470	3.472	3.474	3.474
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415	3.429	3.440	3.449	3.456	3.462	3.467	3.470	3.472	3.473
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409	3.424	3.436	3.445	3.453	3.459	3.464	3.467	3.470	3.472
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390	3.406	3.420	3.432	3.441	3.449	3.456	3.461	3.465	3.469
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371	3.389	3.405	3.418	3.430	3.439	3.447	3.454	3.460	3.466
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352	3.373	3.390	3.405	3.418	3.429	3.439	3.448	3.456	3.463
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333	3.355	3.374	3.391	3.406	3.419	3.431	3.442	3.451	3.460
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314	3.337	3.359	3.377	3.394	3.409	3.423	3.435	3.446	3.457
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294	3.320	3.343	3.363	3.382	3.399	3.414	3.428	3.442	3.454

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

v = dl (Erreur)

p = nombre de moyennes comparées dans la gamme

TABLEAU 7.7 (suite)

Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 5 %

r \ p	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80	90	100
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.636	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.574	3.547	3.547
10	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485
15	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481
16	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478
17	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476
18	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
19	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
20	3.473	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.476	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
24	3.471	3.475	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477
30	3.470	3.477	3.481	3.484	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486
40	3.469	3.479	3.486	3.492	3.497	3.500	3.503	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504
60	3.467	3.481	3.492	3.501	3.509	3.515	3.521	3.525	3.529	3.531	3.534	3.537	3.537	3.537	3.537	3.537	3.537
120	3.466	3.483	3.498	3.511	3.522	3.532	3.541	3.548	3.555	3.561	3.566	3.585	3.596	3.600	3.601	3.601	3.601
∞	3.466	3.486	3.505	3.522	3.536	3.550	3.562	3.574	3.584	3.594	3.603	3.640	3.668	3.690	3.708	3.722	3.735

TABLEAU 7.8

Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 1 %

ν \ p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03
2	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04
3	8.261	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321
4	6.512	6.677	6.740	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756
5	5.702	5.893	5.989	6.040	6.065	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074
6	5.243	5.439	5.549	5.614	5.655	5.680	5.694	5.701	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703
7	4.949	5.145	5.260	5.334	5.383	5.416	5.439	5.454	5.464	5.470	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472
8	4.746	4.939	5.057	5.135	5.189	5.227	5.256	5.276	5.291	5.302	5.309	5.314	5.316	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317
9	4.596	4.787	4.906	4.986	5.043	5.086	5.118	5.142	5.160	5.174	5.185	5.193	5.199	5.203	5.205	5.206	5.206	5.206
10	4.482	4.671	4.790	4.871	4.931	4.975	5.010	5.037	5.058	5.074	5.088	5.098	5.106	5.112	5.117	5.120	5.122	5.124
11	4.392	4.579	4.697	4.780	4.841	4.887	4.924	4.952	4.975	4.994	5.009	5.021	5.031	5.039	5.045	5.050	5.054	5.057
12	4.320	4.504	4.622	4.706	4.767	4.815	4.852	4.883	4.907	4.927	4.944	4.958	4.969	4.978	4.986	4.993	4.998	5.002
13	4.260	4.442	4.560	4.644	4.706	4.755	4.793	4.824	4.850	4.872	4.889	4.904	4.917	4.928	4.937	4.944	4.950	4.956
14	4.210	4.391	4.508	4.591	4.654	4.704	4.743	4.775	4.802	4.824	4.843	4.859	4.872	4.884	4.894	4.902	4.910	4.916
15	4.168	4.347	4.463	4.547	4.610	4.660	4.700	4.733	4.760	4.783	4.803	4.820	4.834	4.846	4.857	4.866	4.874	4.881
16	4.131	4.309	4.425	4.509	4.572	4.622	4.663	4.696	4.724	4.748	4.768	4.786	4.800	4.813	4.825	4.835	4.844	4.851
17	4.099	4.275	4.391	4.475	4.539	4.589	4.630	4.664	4.693	4.717	4.738	4.756	4.771	4.785	4.797	4.807	4.816	4.824
18	4.071	4.246	4.362	4.445	4.509	4.560	4.601	4.635	4.664	4.689	4.711	4.729	4.745	4.759	4.772	4.783	4.792	4.801
19	4.046	4.220	4.335	4.419	4.483	4.534	4.575	4.610	4.639	4.665	4.686	4.705	4.722	4.736	4.749	4.761	4.771	4.780
20	4.024	4.197	4.312	4.395	4.459	4.510	4.552	4.587	4.617	4.642	4.664	4.684	4.701	4.716	4.729	4.741	4.751	4.761
24	3.956	4.126	4.239	4.322	4.386	4.437	4.480	4.516	4.546	4.573	4.596	4.616	4.634	4.651	4.665	4.678	4.690	4.700
30	3.889	4.056	4.168	4.250	4.314	4.366	4.409	4.445	4.477	4.504	4.528	4.550	4.569	4.586	4.601	4.615	4.628	4.640
40	3.825	3.988	4.098	4.180	4.244	4.296	4.339	4.376	4.408	4.436	4.461	4.483	4.503	4.521	4.537	4.553	4.566	4.579
60	3.762	3.922	4.031	4.111	4.174	4.226	4.270	4.307	4.340	4.368	4.394	4.417	4.438	4.456	4.474	4.490	4.504	4.518
120	3.702	3.858	3.965	4.044	4.107	4.158	4.202	4.239	4.272	4.301	4.327	4.351	4.372	4.392	4.410	4.426	4.442	4.456
∞	3.643	3.796	3.900	3.978	4.040	4.091	4.135	4.172	4.205	4.235	4.261	4.285	4.307	4.327	4.345	4.363	4.379	4.394

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

ν = dl(Erreur)

p = nombre de moyennes comparées dans la gamme

TABLEAU 7.8 (suite)

Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 1 %

r \ p	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80	90	100
1	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90 03	90.03	90.03	90.03
2	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14 04	14.04	14.04	14.04
3	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321
4	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6 756	6.756	6.756
5	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074
6	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703
7	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472
8	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317
9	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206
10	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124
11	5.059	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5 061	5 061	5.061	5.061	5.061	5.061
12	5.006	5.010	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011
13	4.960	4.966	4.970	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972
14	4.921	4.929	4.935	4.938	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4 940	4.940	4.940
15	4.887	4.897	4.904	4.909	4.912	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914
16	4.858	4.869	4.877	4.883	4.887	4.890	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4 892	4 892	4.892	4 892	4.892	4.892
17	4.832	4.844	4.853	4.860	4.865	4.869	4.872	4.873	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874
18	4.808	4.821	4.832	4.839	4.846	4.850	4.854	4.856	4.857	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858
19	4.788	4.802	4.812	4.821	4.828	4.833	4.838	4.841	4.843	4.844	4.845	4 845	4.845	4.845	4.845	4.845	4 845
20	4.769	4.784	4.795	4.805	4.813	4.818	4.823	4.827	4.830	4 832	4.833	4.833	4.833	4.833	4 833	4.833	4.833
24	4 710	4.727	4.741	4.752	4.762	4.770	4.777	4.783	4.788	4.791	4.794	4.802	4.802	4.802	4 802	4 802	4 802
30	4.650	4.669	4.685	4.699	4.711	4.721	4.730	4.738	4.744	4.750	4.755	4.772	4.777	4.777	4 777	4.777	4.777
40	4.591	4.611	4.630	4.645	4.659	4.671	4.682	4.692	4.700	4.708	4.715	4 740	4 754	4.761	4 764	4.764	4 764
60	4.530	4.553	4.573	4.591	4.607	4.620	4.633	4.645	4.655	4.665	4 673	4.707	4 730	4 745	4.755	4.761	4.765
120	4.469	4.494	4.516	4.535	4.552	4.568	4.583	4.596	4.609	4.619	4.630	4.673	4.703	4.727	4 745	4 759	4.770
∞	4.408	4.434	4.457	4.478	4.497	4.514	4.530	4.545	4.559	4.572	4.584	4.635	4 675	4.707	4.734	4 756	4 776

TABLEAU 7.9

Test binômial à une queue

Probabilité de jugements corrects égale ou supérieure à X avec n essais (p=1/3)

n \ X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
5		868	539	210	045	004																							
6		912	649	320	100	018	001																						
7		941	737	429	173	045	007																						
8		961	805	532	259	088	020	003																					
9		974	857	623	350	145	042	008	001																				
10		983	896	701	441	213	077	020	003																				
11		988	925	766	527	289	122	039	009	001																			
12		992	946	819	607	368	178	066	019	004	001																		
13		995	961	861	678	448	241	104	035	009	002																		
14		997	973	895	739	524	310	149	058	017	004	001																	
15		998	981	921	791	596	382	203	088	031	008	002																	
16		998	986	941	834	661	453	263	126	050	016	004	001																
17		999	990	956	870	719	522	326	172	075	027	008	002																
18		999	993	967	898	769	588	391	223	108	043	014	004	001															
19			995	976	921	812	648	457	279	146	065	024	007	002															
20			997	982	940	848	703	521	339	191	092	038	013	004	001														
21			998	987	954	879	751	581	399	240	125	056	021	007	002														
22			998	991	965	904	794	638	460	293	163	079	033	012	003	001													
23			999	993	974	924	831	690	519	349	206	107	048	019	006	002													
24			999	995	980	941	862	737	576	406	254	140	068	028	010	003	001												
25			999	996	985	954	888	778	630	462	304	178	092	042	016	006	002												
26				997	989	964	910	815	679	518	357	220	121	058	025	009	003	001											
27				998	992	972	928	847	725	572	411	266	154	079	036	014	005	002											
28				999	994	979	943	874	785	623	464	314	191	104	050	022	008	003	001										
29				999	996	984	955	897	801	670	517	364	232	133	068	031	013	005	001										
30				999	997	988	965	916	833	714	568	415	276	166	090	043	019	007	002	001									
31					998	991	972	932	861	754	617	466	322	203	115	059	027	011	004	001									
32					998	993	978	946	885	789	662	516	370	243	144	078	038	016	006	002	001								
33					999	995	983	957	905	821	705	565	419	285	177	100	051	023	010	004	001								
34					999	996	987	965	922	849	744	612	468	330	213	126	067	033	014	006	002	001							
35					999	997	990	973	937	873	779	656	516	376	252	155	087	044	020	009	003	001							
36						998	992	978	949	895	810	697	562	422	293	187	109	058	028	012	005	002	001						
37						998	994	963	959	913	838	735	607	469	336	223	135	075	038	018	007	003	001						
38						999	996	987	967	928	863	769	650	515	381	261	164	095	051	025	011	004	002	001					
39						999	997	990	973	941	885	800	689	560	425	301	196	118	066	033	016	007	003	001					
40						999	997	992	979	952	903	829	726	603	470	342	231	144	083	044	021	010	004	001					
41							998	994	983	961	920	854	761	644	515	385	268	173	104	057	029	014	006	002	001				
42							999	995	987	968	933	876	791	683	558	428	307	205	127	073	038	019	008	003	001				
43							999	996	990	974	945	895	820	719	600	471	347	239	153	091	050	025	012	005	002	001			
44							999	997	992	980	955	912	845	753	639	514	389	275	182	111	063	033	016	007	003	001			
45							999	998	994	984	963	926	867	783	677	556	430	313	213	135	079	043	022	010	004	002	001		
46								998	995	987	970	938	887	811	713	596	472	352	246	161	098	055	029	014	006	003	001		
47								999	996	990	976	949	904	836	745	635	514	392	282	189	119	070	038	019	009	004	002	001	
48								999	997	992	980	958	919	859	776	672	554	433	318	220	142	086	048	025	012	006	002	001	
49								999	998	994	984	966	932	879	803	706	593	473	356	253	168	105	061	033	017	008	003	001	
50								999	998	995	987	972	943	896	829	739	631	513	395	287	196	126	076	042	022	011	005	002	001

Note : Il faut rajouter devant chaque chiffre «0,».

TABLEAU 7.10

Points de pourcentage de l'étendue de Student

5 % les plus élevés

ν \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18·0	27·0	32·8	37·1	40·4	43·1	45·4	47·4	49·1	50·6	52·0	53·2	54·3	55·4	56·3	57·2	58·0	58·8	59·6
2	6·09	8·3	9·8	10·9	11·7	12·4	13·0	13·5	14·0	14·4	14·7	15·1	15·4	15·7	15·9	16·1	16·4	16·6	16·8
3	4·50	5·91	6·82	7·50	8·04	8·48	8·85	9·18	9·46	9·72	9·95	10·15	10·35	10·52	10·69	10·84	10·98	11·11	11·24
4	3·93	5·04	5·76	6·29	6·71	7·05	7·35	7·60	7·83	8·03	8·21	8·37	8·52	8·66	8·79	8·91	9·03	9·13	9·23
5	3·64	4·60	5·22	5·67	6·03	6·33	6·58	6·80	6·99	7·17	7·32	7·47	7·60	7·72	7·83	7·93	8·03	8·12	8·21
6	3·46	4·34	4·90	5·31	5·63	5·89	6·12	6·32	6·49	6·65	6·79	6·92	7·03	7·14	7·24	7·34	7·43	7·51	7·59
7	3·34	4·16	4·68	5·06	5·36	5·61	5·82	6·00	6·16	6·30	6·43	6·55	6·66	6·76	6·85	6·94	7·02	7·09	7·17
8	3·26	4·04	4·53	4·89	5·17	5·40	5·60	5·77	5·92	6·05	6·18	6·29	6·39	6·48	6·57	6·65	6·73	6·80	6·87
9	3·20	3·95	4·42	4·76	5·02	5·24	5·43	5·60	5·74	5·87	5·98	6·09	6·19	6·28	6·36	6·44	6·51	6·58	6·64
10	3·15	3·88	4·33	4·65	4·91	5·12	5·30	5·46	5·60	5·72	5·83	5·93	6·03	6·11	6·20	6·27	6·34	6·40	6·47
11	3·11	3·82	4·26	4·57	4·82	5·03	5·20	5·35	5·49	5·61	5·71	5·81	5·90	5·99	6·08	6·14	6·20	6·26	6·33
12	3·08	3·77	4·20	4·51	4·75	4·95	5·12	5·27	5·40	5·51	5·62	5·71	5·80	5·88	5·95	6·03	6·09	6·15	6·21
13	3·06	3·73	4·15	4·45	4·69	4·88	5·05	5·19	5·32	5·43	5·53	5·63	5·71	5·79	5·86	5·93	6·00	6·05	6·11
14	3·03	3·70	4·11	4·41	4·64	4·83	4·99	5·13	5·25	5·36	5·46	5·55	5·64	5·72	5·79	5·85	5·92	5·97	6·03
15	3·01	3·67	4·08	4·37	4·60	4·78	4·94	5·08	5·20	5·31	5·40	5·49	5·58	5·65	5·72	5·79	5·85	5·90	5·96
16	3·00	3·65	4·05	4·33	4·56	4·74	4·90	5·03	5·15	5·26	5·35	5·44	5·52	5·59	5·66	5·72	5·79	5·84	5·90
17	2·98	3·63	4·02	4·30	4·52	4·71	4·86	4·99	5·11	5·21	5·31	5·39	5·47	5·55	5·61	5·68	5·74	5·79	5·84
18	2·97	3·61	4·00	4·28	4·49	4·67	4·82	4·96	5·07	5·17	5·27	5·35	5·43	5·50	5·57	5·63	5·69	5·74	5·79
19	2·96	3·59	3·98	4·25	4·47	4·65	4·79	4·92	5·04	5·14	5·23	5·32	5·39	5·46	5·53	5·59	5·65	5·70	5·75
20	2·95	3·58	3·96	4·23	4·45	4·62	4·77	4·90	5·01	5·11	5·20	5·28	5·36	5·43	5·49	5·55	5·61	5·66	5·71
24	2·92	3·53	3·90	4·17	4·37	4·54	4·68	4·81	4·92	5·01	5·10	5·18	5·25	5·32	5·38	5·44	5·50	5·54	5·59
30	2·89	3·49	3·84	4·10	4·30	4·46	4·60	4·72	4·83	4·92	5·00	5·08	5·15	5·21	5·27	5·33	5·38	5·43	5·48
40	2·86	3·44	3·79	4·04	4·23	4·39	4·52	4·63	4·74	4·82	4·91	4·98	5·05	5·11	5·16	5·22	5·27	5·31	5·36
60	2·83	3·40	3·74	3·98	4·16	4·31	4·44	4·55	4·65	4·73	4·81	4·88	4·94	5·00	5·06	5·11	5·16	5·20	5·24
120	2·80	3·36	3·69	3·92	4·10	4·24	4·36	4·48	4·56	4·64	4·72	4·78	4·84	4·90	4·95	5·00	5·05	5·09	5·13
∞	2·77	3·31	3·63	3·86	4·03	4·17	4·29	4·39	4·47	4·55	4·62	4·68	4·74	4·80	4·85	4·89	4·93	4·97	5·01

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

n est la taille de l'échantillon dans lequel on obtient l'étendue et ν est le nombre de degrés de liberté de $S\nu$.

TABLEAU 7.11

Points de pourcentage de l'étendue de Student

1 % les plus élevés

ν \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	90·0	135	164	186	202	216	227	237	246	253	260	266	272	277	282	286	290	294	298
2	14·0	19·0	22·3	24·7	26·6	28·2	29·5	30·7	31·7	32·6	33·4	34·1	34·8	35·4	36·0	36·5	37·0	37·5	37·9
3	8·26	10·6	12·2	13·3	14·2	15·0	15·6	16·2	16·7	17·1	17·5	17·9	18·2	18·5	18·8	19·1	19·3	19·5	19·8
4	6·51	8·12	9·17	9·96	10·6	11·1	11·5	11·9	12·3	12·6	12·8	13·1	13·3	13·5	13·7	13·9	14·1	14·2	14·4
5	5·70	6·97	7·80	8·42	8·91	9·32	9·67	9·97	10·24	10·48	10·70	10·89	11·08	11·24	11·40	11·55	11·68	11·81	11·93
6	5·24	6·33	7·03	7·56	7·97	8·32	8·61	8·87	9·10	9·30	9·49	9·65	9·81	9·95	10·08	10·21	10·32	10·43	10·54
7	4·95	5·92	6·54	7·01	7·37	7·68	7·94	8·17	8·37	8·55	8·71	8·86	9·00	9·12	9·24	9·35	9·46	9·55	9·65
8	4·74	5·63	6·20	6·63	6·96	7·24	7·47	7·68	7·87	8·03	8·18	8·31	8·44	8·55	8·66	8·76	8·85	8·94	9·03
9	4·60	5·43	5·96	6·35	6·66	6·91	7·13	7·32	7·49	7·65	7·78	7·91	8·03	8·13	8·23	8·32	8·41	8·49	8·57
10	4·48	5·27	5·77	6·14	6·43	6·67	6·87	7·05	7·21	7·36	7·48	7·60	7·71	7·81	7·91	7·99	8·07	8·15	8·22
11	4·39	5·14	5·62	5·97	6·25	6·48	6·67	6·84	6·99	7·13	7·25	7·36	7·46	7·56	7·65	7·73	7·81	7·88	7·95
12	4·32	5·04	5·50	5·84	6·10	6·32	6·51	6·67	6·81	6·94	7·06	7·17	7·26	7·36	7·44	7·52	7·59	7·66	7·73
13	4·26	4·96	5·40	5·73	5·98	6·19	6·37	6·53	6·67	6·79	6·90	7·01	7·10	7·19	7·27	7·34	7·42	7·48	7·55
14	4·21	4·89	5·32	5·63	5·88	6·08	6·26	6·41	6·54	6·66	6·77	6·87	6·96	7·05	7·12	7·20	7·27	7·33	7·39
15	4·17	4·83	5·25	5·56	5·80	5·99	6·16	6·31	6·44	6·55	6·66	6·76	6·84	6·93	7·00	7·07	7·14	7·20	7·26
16	4·13	4·78	5·19	5·49	5·72	5·92	6·08	6·22	6·35	6·46	6·56	6·66	6·74	6·82	6·90	6·97	7·03	7·09	7·15
17	4·10	4·74	5·14	5·43	5·66	5·85	6·01	6·15	6·27	6·38	6·48	6·57	6·66	6·73	6·80	6·87	6·94	7·00	7·05
18	4·07	4·70	5·09	5·38	5·60	5·79	5·94	6·08	6·20	6·31	6·41	6·50	6·58	6·65	6·72	6·79	6·85	6·91	6·96
19	4·05	4·67	5·05	5·33	5·55	5·73	5·89	6·02	6·14	6·25	6·34	6·43	6·51	6·58	6·65	6·72	6·78	6·84	6·89
20	4·02	4·64	5·02	5·29	5·51	5·69	5·84	5·97	6·09	6·19	6·29	6·37	6·45	6·52	6·59	6·65	6·71	6·76	6·82
24	3·96	4·54	4·91	5·17	5·37	5·54	5·69	5·81	5·92	6·02	6·11	6·19	6·26	6·33	6·39	6·45	6·51	6·56	6·61
30	3·89	4·45	4·80	5·05	5·24	5·40	5·54	5·65	5·76	5·85	5·93	6·01	6·08	6·14	6·20	6·26	6·31	6·36	6·41
40	3·82	4·37	4·70	4·93	5·11	5·27	5·39	5·50	5·60	5·69	5·77	5·84	5·90	5·96	6·02	6·07	6·12	6·17	6·21
60	3·76	4·28	4·60	4·82	4·99	5·13	5·25	5·36	5·45	5·53	5·60	5·67	5·73	5·79	5·84	5·89	5·93	5·98	6·02
120	3·70	4·20	4·50	4·71	4·87	5·01	5·12	5·21	5·30	5·38	5·44	5·51	5·56	5·61	5·66	5·71	5·75	5·79	5·83
∞	3·64	4·12	4·40	4·60	4·76	4·88	4·99	5·08	5·16	5·23	5·29	5·35	5·40	5·45	5·49	5·54	5·57	5·61	5·65

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

n est la taille de l'échantillon dans lequel on obtient l'étendue et ν est le nombre de degrés de liberté de $S\nu$.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages cités

Amerine, M.A., Pangborn, R.M. et Roessler, E.B. 1965. "Principles of Sensory Evaluation of Food." Academic Press, New York.

ASTM Committee E-18, 1986. Physical requirement guidelines for sensory evaluation laboratories. STP 913. Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

ASTM Committee E-18, 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. STP 758. Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

ASTM Committee E-18, 1979. Manual on consumer sensory evaluation. STP 682. Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

ASTM Committee E-18, 1968. Manual on sensory testing methods. STP 434. Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

ASTM Committee E-18, 1968. Basic principles of sensory evaluation. STP 433. Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

Basker, D. 1988. Critical values of differences among rank sums for multiple comparisons. *Food Technol.* 42(2):79.

Brandt, M.A., Skinner, E.Z. et Coleman, J.A. 1963. Texture profile method. *J. Food Sci.* 28:404.

Cairncross, S.E. et Sjostrom, L.B. 1950. Flavor profiles - A new approach to flavor problems. *Food Technol.* 4(8):308.

Cardello, A.V. et Maller, O. 1982. Relationships between food preferences and food acceptance ratings. *J. Food Sci.* 47:1553.

Caul, J.F. 1957. The profile method of flavor analysis. *Adv. Food Research* 7:1.

Civille, G.V. et Szczesniak, A.S. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *J. Texture Studies* 4:204.

Daget, N. 1977. Sensory evaluation or sensory measurement? In "Nestle Research News 1976/77". C. Boella (éd.). Nestlé Products Technical Assistance Co. Ltd, Suisse.

Ennis, D.M., Boelens, H., Haring, H. et Bowman, P. 1982. Multivariate analysis in sensory evaluation. *Food Technol.* 36(11):83.

Gacula, M.C. Jr. et Singh, J. 1984. "Statistical Methods in Food and Consumer Research." Academic Press, Inc., New York.

IFT Sensory Evaluation Division. 1981. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food Technol.* 35(11):50.

Jellinek, G. 1985. "Sensory Evaluation of Food. Theory and Practice." Ellis Horwood, Chichester, Angleterre.

Joanes, D.N. 1985. On a rank sum test due to Kramer. *J. Food Sci.* 50:1442.

Larmond, E. 1977. «Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire». Direction de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa. Publication 1637/F.

McPherson, R.S. et Randall, E. 1985. Line length measurement as a tool for food preference research. *Ecol. Food Nutr.* 17(2):149.

Meilgaard, M.C., Civille, G.V. et Carr, B.T. 1987. "Sensory Evaluation Techniques." Vols. I and II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Floride.

Moskowitz, H.R. 1983. "Product Testing and Sensory Evaluation of Foods, Marketing and R & D Approaches." Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut.

Newell, G.J. et MacFarlane, J.D. 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *J. Food Sci.* 52:1721.

O'Mahony, M. 1986. "Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures." Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.

O'Mahony, M. 1982. Some assumptions and difficulties with common statistics for sensory analysis. *Food Technol.* 36(11):75.

Pangborn, R.M.V. 1986. Sensory techniques of food analysis. In "Food Analysis Principles and Techniques. Vol. 1. Physical Characterization," D.W. Gruenwedel et J.R. Whitaker, (éd.). Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.

Piggott, J.R. (éd.). 1984. "Sensory Analysis of Foods." Elsevier Applied Science Publishers, Londres, Angleterre.

Powers, J.J. 1984. Using general statistical programs to evaluate sensory data. *Food Technol.* 38(6):74.

Powers, J.J. 1981. Multivariate procedures in sensory research: scope and limitations. *MBAA Technical Quarterly* 18(1):11.

Snedecor, G.W. et Cochran, W.G. 1980. "Statistical Methods", 7th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Steel, R.G.D. et Torrie, J.H. 1980. "Principles and Procedures of Statistics," 2nd ed., McGraw-Hill, New York, N.Y.

Stone, H. et Sidel, J.L. 1985. "Sensory Evaluation Practices". Academic Press, Inc., New York, N.Y.

Stone, H., Sidel, J.L. et Bloomquist, J. 1980. Quantitative descriptive analysis. *Cereal Foods World* 25(10):642.

Stone, H., Sidel, J.L., Oliver, S., Woolsey, A. et Singleton, R.C. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.* 28(11):24.

Stungis, G.E. 1976. Overview of applied multivariate analysis. In "Correlating Sensory Objective Measurements - New Methods for Answering Old Problems". ASTM STP 594, Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphie, Pa.

Szczesniak, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.* 28:385.

Szczesniak, A.S., Brandt, M.A. et Friedman, H.H. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *J. Food Sci.* 28:397.

Zook, K. et Wessman, C. 1977. The selection and use of judges for descriptive panels. *Food Technol.* 31(11):56.

Ouvrages supplémentaires

AMSA. 1978. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board.

Bieber, S.L. et Smith, D.V. 1986. Multivariate analysis of sensory data: A comparison of methods. *Chemical Senses* 11(1):19.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol.* 32(7):62.

Cardello, A.V., Maller, O., Kapsalis, J.G., Segars, R.A., Sawyer, F.M., Murphy, C. et Moskowitz, H.R. 1982. Perception of texture by trained and consumer panelists. *J. Food Sci.* 47:1186.

Civille, G.V. 1978. Case studies demonstrating the role of sensory evaluation in product developments. *Food Technol.* 32(11):59.

Cross, H.R., Moen, R. et Stanfield, M.S. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technol.* 32(7):48.

Gatchalian, M.M. 1981. "Sensory Evaluation Methods with Statistical Analysis." College of Home Economics, University of the Philippines, Diliman, Philippines.

Larmond, E. 1973. Physical requirements for sensory testing. *Food Technol.* 27(11):28.

Moskowitz, H.R. 1978. Magnitude estimation: notes on how, what, where and why to use it. *J. Food Quality* 1:195.

Moskowitz, H.R. 1974. Sensory evaluation by magnitude estimation. *Food Technol.* 28(11):16.

Roessler, E.B., Pangborn, R.M., Sidel, J.L. et Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired difference, duo-trio and triangle tests. *J. Food Sci.* 43:940.

Sidel, J.L. et Moskowitz, H.R. 1971. Magnitude and hedonic scales of food acceptability. *J. Food Sci.* 36:677.

Sidel, J.L. et Stone, H. 1976. Experimental design and analysis of sensory tests. *Food Technol.* 30(11):32.

Sidel, J.L., Stone, H. et Bloomquist, J. 1981. Use and misuse of sensory evaluation in research and quality control. *J. Dairy Sci.* 64:2296.

Szczesniak, A.S., Lowe, B.J. et Skinner, E.L. 1975. Consumer textural profile technique. *J. Food Sci.* 40:1253.

Wolfe, K.A. 1979. Use of reference standards for sensory evaluation of product quality. *Food Technol.* 33(9):43.

GLOSSAIRE

Les définitions des termes employés dans ce glossaire sont tirées des ouvrages suivants :

Amerine, M.A., Pangborn, R.M. et Roessler, E.B. 1965. *"Principles of Sensory Evaluation of Food."* Academic Press, New York, N.Y.

Davies, P. (éd.). 1970. *"The American Heritage Dictionary of the English Language."* Dell Publishing Co., Inc., New York, N.Y.

Gacula, M.C. Jr et Singh, J. 1984. *"Statistical Methods in Food and Consumer Research."* Academic Press, Inc., Orlando, Floride.

Guralnik, D.B. (éd.). 1963. "Webster's New World Dictionary." Nelson, Foster & Scott Limited, Toronto.

Hirsh, N.L. 1971. Sensory good sense. *Food Product Devel.* 5(6):27-29.

Huck, S.W., Cormier, W.H. et Bounds, W.G. Jr. 1974. *"Reading Statistics and Research."* Harper & Row Publishers, New York, N.Y.

IFT Sensory Evaluation Division. 1981. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food Technol.* 35(11):50.

Kramer, A. 1959. Glossary of some terms used in the sensory (panel) evaluation of foods and beverages. *Food Technol.* 13(12):733-736.

Linton, M. et Gallo, P.S. Jr. 1975. *"The Practical Statistician: Simplified Handbook of Statistics."* Brooks/Cole Publishing Company, Californie.

Lowry, S.R. 1979. Statistical planning and designing of experiments to detect differences in sensory evaluation of beef loin steaks. *J. Food Sci.* 44:488-491.

O'Mahoney, M. 1986. *"Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures."* Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.

Piggott, J.R. (éd.). 1984. *"Sensory Analysis of Foods."* Elsevier Applied Science Publishers, Londres, Angleterre.

Définitions

Acceptabilité (*n*) — Attitude du consommateur envers un produit traduisant souvent son utilisation réelle (achat ou consommation).

Acuité (*n*) — Finesse de sensibilité discriminative ou d'identification; aptitude à discerner ou à percevoir de petites différences dans les stimuli; acuité ou finesse.

Agueusie (*n*) — Manque ou empêchement de sensibilité aux stimuli de saveurs.

Alterner (*v*) — Découper en périodes qui alternent ou se recoupent.

Analyse de corrélation — Méthode pour déterminer la nature et l'importance des relations entre des variables.

Analyse de variance — Méthode mathématique pour distinguer l'origine des variations affectant un ensemble d'observations, sert à évaluer dans quelle mesure les moyennes de plusieurs échantillons diffèrent d'une certaine façon ou sont les mêmes.

Analyse sensorielle — Discipline scientifique qui sert à évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réactions à des caractéristiques des aliments et des produits telles qu'elles sont perçues par les sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe.

Animateur du panel — Une personne responsable de l'organisation, du travail et de la direction d'un panel.

Anosmie (*n*) — Absence ou empêchement de la sensibilité aux stimuli olfactifs.

Arbitraire (*adj*) — Reposant ou étant soumis au jugement individuel ou personnel.

Arrière-goût (*n*) — L'expérience qui, dans certaines conditions, suit la disparition d'un stimulus de saveur.

Attribut (*n*) — Une caractéristique perçue; un élément distinctif, une qualité ou un aspect d'un produit alimentaire.

Bulletin (*n*) — Un formulaire servant à un dégustateur à inscrire ses notes, ses décisions et ses commentaires sur les échantillons; contient généralement des instructions aux dégustateurs sur le type de test réalisé.

Caractéristique (*n*) — Propriété de l'odeur, de la saveur, de la texture ou de l'apparence d'un produit.

Catégorie (*n*) — Une division définie dans un système de classification.

Classer (*v*) — Trier dans des catégories prédéterminées.

Classer (*v*) — Mettre une série de trois échantillons ou plus dans un ordre donné en fonction d'une caractéristique désignée quelconque comme l'intensité ou l'acceptabilité.

Classification (*n*) — Catégorie.

Code (*n*) — Affectation de symboles; en général, groupe de 3 chiffres aléatoires donnés aux échantillons pour qu'on puisse les remettre aux dégustateurs sans qu'ils puissent les identifier.

Conditionnel (*adj*) — Dépend d'une condition ou d'un élément préalable.

Conservateur (*adj*) — Modéré, prudent.

Consommateur (*n*) — Un individu qui se procure et utilise un produit.

Contrôle aveugle — Échantillon de référence, dont seul le chercheur connaît l'identité, qui est codé et remis en même temps que les échantillons expérimentaux.

Contrôler (*v*) — Vérifier, suivre ou garder la trace.

Conventionnel (*adj*) — Généralement approuvé ou suivi; coutumier.

Cracher (*v*) — Éjecter de la bouche.

Définition (*n*) — Un énoncé du sens d'un mot, d'une phrase ou d'un terme; le fait de rendre quelque chose clair et distinct.

Dégustateur (*n*) — Un membre d'un panel.

Discriminer (*v*) — Percevoir ou détecter une différence entre deux stimuli ou plus.

Échantillon (*n*) — Une partie, un morceau ou un segment considéré comme représentatif d'un ensemble et soumis à l'inspection.

Échantillon aléatoire — Lot ou échantillon choisi de telle façon que chaque échantillon a des chances égales d'être choisi.

Échantillonner (*v*) — Prélever un échantillon.

Échelle (*n*) — Un système de marques ou de divisions classées à intervalles fixes servant à la mesure. Peut être de nature graphique, descriptive ou numérique.

Échelle des catégories — Une échelle divisée en classifications numériques ou descriptives.

Échelle hédonique — Une échelle sur laquelle on inscrit le degré d'appréciation ou d'aversion.

Effet (*n*) — Quelque chose de provoqué par une cause ou un agent; résultat.

Efficace (*adj*) — Qui agit ou produit réellement avec un minimum de perte ou d'effort.

Égalité (*n*) — Égalité de notes entre deux échantillons ou plus.

Erreur expérimentale — Mesure de la variation qui existe entre des observations sur des échantillons traités de la même façon.

Essai (*n*) — Le processus qui consiste à essayer et répartir dans le temps des procédures en les utilisant réellement.

Étiqueter (*v*) — Mettre une étiquette.

Étiquette (*n*) — Moyen d'identification.

Évaluation sensorielle — Voir analyse sensorielle.

Évaluer (*v*) — Juger.

Exactitude (*n*) — Fidélité avec laquelle la mesure prise rend compte de la réalité exacte; précision, rigueur.

Facteurs psychologiques — Impliquant l'esprit ou les émotions.

Fiabilité (*n*) — Mesure dans laquelle on peut mesurer la même caractéristique de façon uniforme en répétant l'expérience.

Fiable (*adj*) — Qui mesure ce que l'expérimentateur espère mesurer.

Filtrer (*v*) — Séparer ou éliminer les personnes qui ne conviennent absolument pas à l'évaluation sensorielle en décelant chez elles le mauvais fonctionnement de l'acuité sensorielle.

Formation (*n*) — Enseignement et exercice pour familiariser les dégustateurs avec des procédures de test et pour améliorer leurs aptitudes à reconnaître, identifier et se souvenir des caractéristiques sensorielles.

Formulaire (*n*) — Un document imprimé avec des espaces pour y inscrire des renseignements.

Fréquence (*n*) — Le nombre de réponses entrant dans une catégorie ou un intervalle précis.

Hédonique (*adj*) — Degré d'appréciation ou d'aversion.

Hypothèse (*n*) — Une formulation des hypothèses ou des attentes du chercheur quant au résultat de sa recherche, soumis à la vérification; peut provenir d'une théorie, découler d'observations antérieures ou être simplement un pressentiment.

Illustrer (*v*) — Préciser au moyen d'exemples ou de comparaisons.

Indépendant (*adj*) — Non soumis à des influences, des directives ou des contrôles.

Inférence (*n*) — Opération logique par laquelle on admet une proposition en vertu de sa liaison avec d'autres données de l'échantillon sur la population de base.

Intensité (*n*) — Force perçue d'un stimulus.

Interaction (*n*) — Mesure dans laquelle l'effet de la variation du niveau d'un facteur dépend du ou des niveaux d'un autre ou des autres.

Libéral (*adj*) — Tolérant, généreux.

Lot (*n*) — Une quantité précise d'un produit alimentaire quelconque choisi parmi la population de cet aliment et dans lequel on a prélevé les échantillons.

Masquer (*v*) — Déguiser ou cacher.

Molaire (*n*) — Dent avec une large couronne pour écraser les aliments, située derrière les bicuspides.

Motiver (*v*) — Fournir un incitatif ou un motif; entretenir l'intérêt et le moral du panel.

Moyenne (*n*) — Somme de tous les résultats divisée par le nombre de résultats.

Note (*n*) — Valeur attribuée à des réponses particulières à une question du test où il y a une relation mathématique définie et démontrée entre les notes.

Noter (*v*) — Classer les propriétés d'un produit sur une échelle ou conformément à un ensemble défini de critères numériques.

Objectif (*n*) — Quelque chose qu'on cherche à atteindre; but.

Odeur (*n*) — Caractéristique que peut percevoir un organe olfactif.

Orienter (*v*) — Familiariser les participants à une situation ou les y adapter.

Palais (*n*) — Le haut de la partie intérieure de la bouche.

Panel (*n*) — Un groupe de dégustateurs qui ont été choisis ou désignés d'une façon quelconque pour participer à un test sensoriel.

Panel de consommateurs — Groupe d'individus représentatifs d'une population précise dont on mesure le comportement.

Perceptible (*adj*) — Facilement observable, évident; qui peut être perçu.

Percevoir (*v*) — Avoir conscience d'un stimulus grâce aux sens.

Périssable (*adj*) — Susceptible de s'altérer.

Portion (*n*) — Une partie ou une quantité d'un grand montant.

Précis (*adj*) — Aptitude de mesures répétées à être identiques ou presque identiques.

Précision (*n*) — Proximité entre elles de mesures répétées.

Préférence (*n*) — Choix manifesté pour un produit ou des produits plutôt que pour un autre produit ou d'autres produits.

Probabilité (*n*) — Vraisemblance qu'un événement donné survienne.

Qualitatif (*adj*) — Concernant la qualité; s'applique aux variations en nature plutôt qu'en importance.

Qualité (*n*) — Degré d'excellence.

Quantitatif (*adj*) — Concernant des nombres ou des quantités.

Recruter (*v*) — Chercher et enrôler des personnes comme participants à un panel.

Référence (*n*) — Un échantillon constant auquel on peut comparer les autres ou qui peut servir à calibrer des termes descriptifs.

Répétition (*n*) — Répétition indépendante d'une expérience dans des conditions expérimentales identiques.

Représentatif (*adj*) — Typique des autres éléments entrant dans la même catégorie, le même groupe ou la même population. Un échantillon représentatif des consommateurs devrait correspondre à la distribution de la population de consommateurs par groupe d'âge, de sexe, socio-économique, par activité, etc.

Reproduire (*v*) — Faire une copie ou créer à nouveau.

Saveurs de base — Sucré, acide, salé ou amer.

Sens (*n*) — Les fonctions de l'ouïe, de la vue, de l'odorat, du toucher et du goût.

Sens tactiles — Sens qui relèvent du sens du toucher.

Sensibilité (*n*) — Aptitude des personnes à détecter ou percevoir des différences quantitatives ou qualitatives de caractéristiques sensorielles; acuité.

Sensoriel (*adj*) — Qui concerne les organes des sens.

Sentir (*v*) — Évaluer une odeur en inspirant de l'air de façon bruyante et rapide par le nez.

Signification (*n*) — Niveau de probabilité que les différences entre des échantillons ou des traitements soient réelles et non pas dues à des variations accidentelles.

Simultanément (*adv*) — Survenant ou fait au même moment.

Statistiques (*n*) — Les mathématiques de la cueillette, de l'organisation et de l'interprétation des données numériques, en particulier l'analyse des caractéristiques d'une population par inférence à partir de l'échantillonnage.

Stimulus (*n*) — Toute chose provoquant une réponse ou vue comme provoquant une réponse.

Tableau (*n*) — Carte ou papier sur lequel on notes les échantillons.

Test affectif — Test servant à évaluer des attitudes subjectives comme la préférence, l'acceptation ou le degré d'appréciation des aliments par des dégustateurs amateurs.

Test analytique — Test servant à l'évaluation en laboratoire des produits par des dégustateurs experts en termes de différences et de similitudes et d'identification et de quantification des caractéristiques sensorielles.

Test binômial — Un test de la fréquence des occurrences dans deux catégories; ne sert que quand on peut avoir deux résultats possibles.

Test de différence — Un test servant à déterminer si les différences entre deux échantillons sont perceptibles.

Test descriptif — Un test servant à mesurer l'intensité perçue d'une propriété ou d'une caractéristique sensorielle.

Test khi-carré — Test non paramétrique servant à déterminer s'il y a une différence significative entre un nombre observé et un nombre attendu de réponses entrant dans chaque catégorie désignée par le chercheur; sert à vérifier les hypothèses sur la fréquence de l'occurrence dans un nombre quelconque de catégories.

Test sensoriel — Voir analyse sensorielle.

Traitement (*n*) — Procédure dont l'effet est mesuré et comparé avec d'autres traitements.

Uniformité (*n*) — Accord ou harmonie des parties.

Valeur critique — Un critère ou point de rupture fonction du seuil de signification choisi.

Valide (*adj*) — Qui tire les bonnes conclusions des données.

Validité (*n*) — Assurance que la caractéristique spécifique qu'on est sensé mesurer est vraiment bien mesurée. Mesure dans laquelle les résultats sont uniformes avec les faits.

INDEX

Acceptabilité *7, 46, 47, 49*
Acceptation *57, 58, 61*
Accompagnements *38*
Analyse de variance *33, 53, 65, 68, 69, 85, 86, 91, 106*
Analyse des facteurs *53*
Analyse discriminante *53*
Analyse en composantes principales *53*
Analyse multivariée *53, 84*
Analyse quantitative descriptive *95*
Analyse statistique *5, 33, 45, 49, 52, 54, 96, 97*
Animateur du panel *11, 13, 14, 18, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 46, 104, 105*

Consommateur *7, 8, 9, 49, 57, 61*
Contrôle aveugle *40*
Contrôle de la performance *14, 28, 31, 32, 33, 34, 39, 52, 105, 106*
Corrélation *53*

Directives données aux dégustateurs *29, 97*

Échantillon aléatoire *8, 51*
Échantillon de référence *13, 35, 39, 40, 75, 105*
Échantillonnage *19, 35, 51*
Échelle des catégories *47, 48, 52, 58, 61, 63, 64, 66, 83*
Échelle linéaire *47, 49, 83, 84, 85, 105*
Erreur expérimentale *55, 65, 66, 85*
Extrémités *47, 105, 108*

Formation *9, 28, 31, 47, 97, 105*
Fournitures *11, 12, 13, 18, 22, 24*

Hédonique *58, 63, 64, 66, 71, 85*

Installations pour essais sensoriels *11, 12, 18, 22*

Méthode des blocs *51, 55, 66*
Motivation des dégustateurs *28, 33, 34*

Nombre aléatoire *42, 54, 55, 65, 76, 84*
Normalisation *35*

Objectifs *45, 54, 96, 97*

Panel de consommateurs *8, 22, 46, 49, 51, 57, 62, 66*
Panel de dégustateurs amateurs *7, 8, 28, 29, 62, 66, 67*

Panel de dégustateurs amateurs recrutés sur place *8, 28, 29, 60, 61, 62, 63, 66, 79*
Panel de dégustateurs experts *8, 9, 28, 30, 31, 52, 79, 80, 95*
Plan d'expérience *5, 54, 55, 56*
Population cible *8, 9*
Préférence *7, 8, 31, 46, 47, 49, 57, 58, 59, 60*
Préparation d'un aliment *7, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 24, 25*
Probabilité *50, 51, 59, 60, 74, 78, 79, 80, 94*
Profil de saveur *95*
Profil de texture *95*

Questionnaire *29*

Randomisation *42, 54, 55, 65, 97*
Recrutement des dégustateurs *28, 29, 97*
Référence dissimulée *40*
Régression *53*
Répétition *51, 55, 56, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 106*

Sélection *30, 80, 97*
Seuil de signification *50, 59, 61, 66, 71, 72, 73, 78, 79, 80, 89, 94*

Test affectif *57*
Test analytique *57*
Test axé sur le consommateur *7, 8, 46, 49, 51, 57, 58*
Test axé sur le produit *7, 8, 9, 13, 46, 47, 49, 51, 57, 74*
Test binômial *53, 58, 59*
Test de comparaisons multiples *53, 71, 92, 93*
Test de comparaisons multiples de Duncan *53, 71, 92, 93*
Test de comparaisons par paires *75*
Test de Friedman *53, 61, 82*
Test de Kramer *53*
Test de la plus petite différence significative *53*
Test de préférence par paires *58, 59, 60, 61, 75, 78*
Test de Scheffe *53*
Test de Tukey *53, 92, 93*
Test duo-trio *75, 76*
Test khi-carré *53*
Test non paramétrique *52, 53*
Test paramétrique *52, 53*
Test statistique *50, 52, 54*
Test triangulaire *30, 74, 76, 77, 78*